FIZICĂ

Constantin Corega
Dorel Haralamb
Seryl Talpalaru

Manual pentru clasa a VIII-a

Teora Educațional

Ministerul Educației și Cercetării

Scanned with OKEN Scanner

Manualul a fost aprobat de Consiliul Național pentru Aprobarea Manualelor, în urma licitației organizate de către Ministerul Educației Naționale, prin Unitatea de Coordonare a Proiectului Reformei Învățământului Preuniversitar din România. Manualul este realizat în conformitate cu programa analitică aprobată de Ministerul Educației Naționale prin Ordinul nr. 4237/23.08.1999 şi distribuit ***gratuit*** *elevilor.*

Acest manual este proprietatea Ministerului Educației Naționale

Inspectoratul şcolar al județului/municipiului .....
.....
Şcoala/Liceul .....

ACEST MANUAL A FOST FOLOSIT DE:

Anul	Numele elevului care a primit manualul	Clasa	Şcoala	Anul şcolar	Starea manualului*	
					la primire	la returnare
1						
2						
3						

- Profesorii vor controla dacă numele elevului este corect scris.
- Elevii nu trebuie să facă nici un fel de însemnări pe manual.

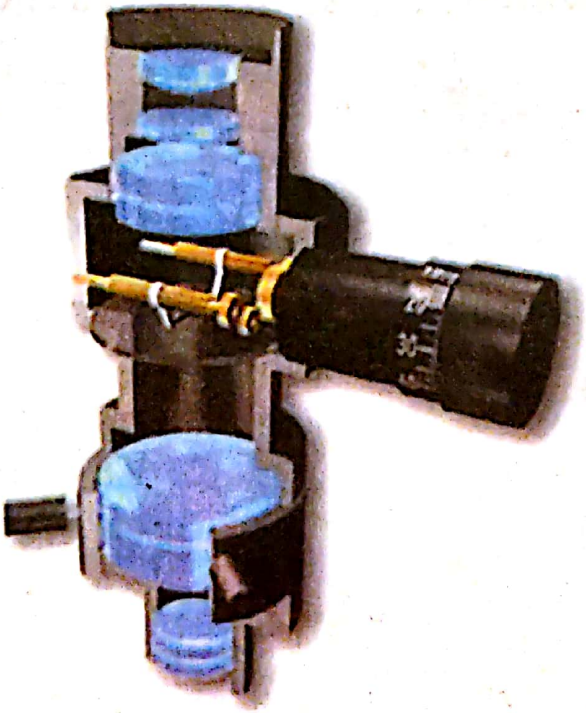
*) Starea manualului se va scrie folosind termenii: nou, bun, îngrijit, satisfăcător, deteriorat

Scanned with OKEN Scanner

FIZICĂ

Manual pentru clasa a VIII-a

Constantin Corega
Dorel Haralamb
Seryl Talpalaru



Teora

Scanned with OKEN Scanner

Titlul: **Fizică – Manual pentru clasa a VIII-a**

Copyright © 2005, 2000 Teora

Toate drepturile asupra acestei cărți aparțin Editurii **Teora**.
Reproducerea integrală sau parțială a textului sau a ilustrațiilor din această carte este interzisă fără acordul prealabil scris al Editurii **Teora**.

Teora
Calea Moșilor nr. 211, sector 2, București, Romania
tel.: 021/619.30.04, fax: 021/210.38.28
e-mail: mail@teora.ro

Distribuție:
Calea Moșilor 211, sector 2, București
tel.: 021/619.30.04

Teora – Cartea prin poștă
CP 79-30, cod 72450 București, Romania
tel.: 021/252.14.31; 0724/821.361
e-mail: cpp@teora.ro

Special thanks to Mr. **Michael W. Davidson** (National High Magnetic Field Laboratory, The Florida State University) for the pictures 7.30 - 7.43 included in this textbook.

Referenți științifici: prof. univ. dr. Gheorghe Ilonca – Facultatea de Fizică, Universitatea Babeș-Bolyai, Cluj-Napoca
prof. gr. I Dorin Bunău – Inspectoratul Școlar Județean Sibiu

Tehnoredactare: Carmen Biriș, Dorel Haralamb
Copertă: Carmen Biriș
Director Editorial: Diana Rotaru

Președinte: Teodor Răducanu

NOT M6821-6822 MAN FIZICA CLS. 8, TALPALARU
ISBN 973-20-0556-4

Printed in Romania

Notă:
În manual sunt folosite culori pentru marcare, astfel:

1) Textul pe fond galben constituie conținut facultativ.

2) Problemele sunt marcate prin triunghiuri ce reflectă gradul de dificultate al acestora. În ordinea creșterii gradului de dificultate, triunghiurile sunt de culoare:

1. portocalie
2. verde
3. albastră
4. roșie

Scanned with OKEN Scanner

1

MECANICA FLUIDELOR

- Presiunea hidrostatică
- Legea lui Pascal
- Legea lui Arhimede
- Propagarea sunetului

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

1.1 Presiunea. Presiunea hidrostatică

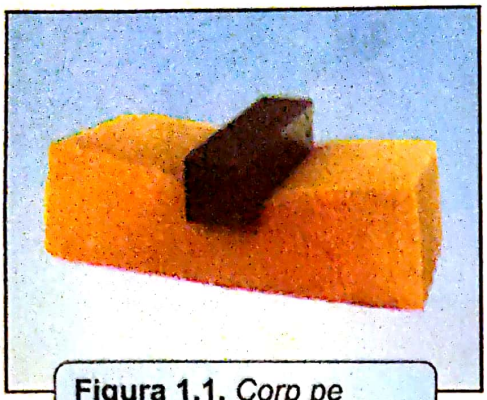


Figura 1.1. *Corp pe burete*

Presiunea

Efectele interacțiunii sunt:
- modificarea stării de mișcare
- deformarea corpurilor

Ca efect al interacțiunii prin contact a două corpuri pot apărea deformări. Acestea sunt dependente de valoarea forței de interacțiune dintre cele două corpuri, precum și de natura corpurilor (așa cum ai aflat în clasele anterioare).

Figura 1.2. *Urme de schiuri*

Exemple

1. În *figura 1.1* poți vedea un corp așezat pe un burete. Acțiunea corpului asupra buretelui produce deformări diferite ale acestuia în funcție de aria suprafeței de contact.
2. La trecerea unui schior pe o pârtie, în spatele lui rămân urme pe zăpadă. Fără schiuri, urmele lăsate de schior ar fi mult mai adânci (*figura 1.2*).
3. Nu-i așa că dacă nu-ți așezi convenabil bretelele ghiozdanului, acestea te „taie" astfel încât simți în mod neplăcut acțiunea lui asupra umerilor tăi?

Tema 1

Dă alte exemple în care forțele de contact determină deformări.

Constatare

Deformarea a două corpuri care interacționează prin forțe de contact, perpendiculare pe suprafața comună, depinde nu numai de valoarea forței, ci și de aria suprafeței de contact.
Pentru caracterizarea cauzelor unor astfel de efecte se definește mărimea *presiune*.

Presiunea (p), pascalul (Pa)

Presiunea exercitată de o forță care acționează normal și uniform distribuită pe o suprafață este o mărime fizică scalară egală cu raportul dintre valoarea forței și aria suprafeței:

$$p = \frac{F}{S} \quad (1.1)$$

în care p – presiunea, F – forța normală, S – aria suprafeței.
Ecuația unității de măsură:

$$\langle p \rangle = \frac{\langle F \rangle}{\langle S \rangle} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \text{Pa (pascal)} \quad (1.2)$$

1 Pa reprezintă presiunea exercitată de o forță de 1 N care acționează normal și uniform distribuit pe o suprafață cu aria de 1 m².

În practică se utilizează și alte unități de măsură pentru presiune, de exemplu 1 bar = 10^5 Pa.

Tema 2

1. Presiunea exercitată de un corp cu masa de 1 kg, aşezat pe o suprafaţă orizontală cu aria de 1 cm², se numeşte **atmosferă tehnică** (simbol **at**). Exprimă valoarea unei atmosfere tehnice în pascali şi în bari.
2. Asupra unei suprafeţe cu aria de 0,5 m² acţionează normal o forţă uniform distribuită, al cărei modul este de 3 N. Calculează presiunea pe care această forţă o exercită pe suprafaţa respectivă.
3. O cărămidă cu laturile $L = 20$ cm, $l = 10$ cm, $h = 10$ cm şi masa $m = 2$ kg este aşezată pe un suport orizontal. Să se determine presiunea exercitată de cărămidă asupra suportului, în toate poziţiile.

În *figura 1.3* este prezentată o scândură aşezată lângă un perete vertical. Asupra scândurii se acţionează oblic ($\vec{F}$). Apăsarea scândurii pe perete, în acest caz, este datorată componentei normale a forţei ($\vec{F}_n$).

Observaţii

- În situaţiile în care forţa acţionează pe o direcţie oblică faţă de suprafaţa de contact, presiunea exercitată de forţă este datorată doar componentei sale normale.
- Atunci când se cunoaşte presiunea p care se exercită pe o anumită suprafaţă de arie S, cunoscută, se poate calcula doar componenta normală a forţei care acţionează asupra suprafeţei respective.

Tema 3

1. Calculează presiunea exercitată de o forţă $F = \sqrt{2}$ N care acţionează sub un unghi de 45° asupra unei suprafeţe de arie 1 dm² (*figura 1.3*).

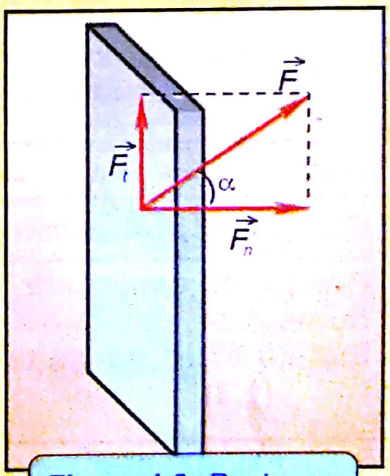


Figura 1.3. *Pentru tema 2*

Rezolvare

Modulul componentei normale a forţei $\vec{F}$ este $F_n = F\cos\alpha$. Ca urmare, presiunea exercitată de forţa $\vec{F}$ are valoarea:

$$p = \frac{F_n}{S} = \frac{F\cos\alpha}{S} = \frac{\sqrt{2}\cdot\sqrt{2}/2}{10^{-2}}\,\text{Pa} = 100\,\text{Pa}$$

2. Presiunea care se exercită asupra unei suprafeţe de arie 0,5 m² este de 2 Pa. Calculează unghiul pe care îl face direcţia forţei cu normala la suprafaţa respectivă, ştiind că modulul forţei este de 2 N.

Rezolvare

$$p = \frac{F_n}{S} = \frac{F\cos\alpha}{S};\ F\cos\alpha = p\cdot S;$$

$$\cos\alpha = \frac{p\cdot S}{F} = \frac{2\cdot 0{,}5}{2} = \frac{1}{2};\ \alpha = 60°$$

Scanned with OKEN Scanner

Presiunea hidrostatică

Un exemplu de interacțiune în care o forță acționează uniform distribuit pe o suprafață este cazul unui lichid aflat *în echilibru* într-un vas cu fundul orizontal.

Problemă rezolvată

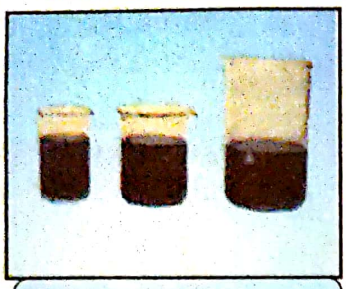


Figura 1.4. *Pentru problema rezolvată*

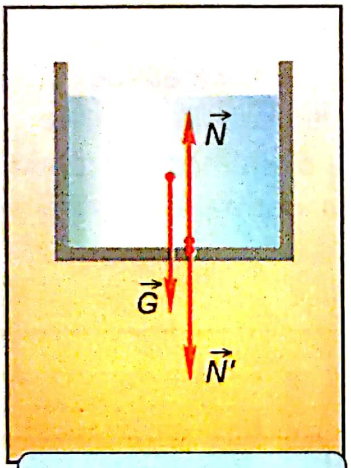


Figura 1.5. *Lichid în echilibru*

În trei pahare cilindrice de secțiuni diferite (*figura 1.4*) se află apă. Înălțimea h a apei din cele trei pahare este aceeași. Calculează presiunea exercitată de apă, datorită greutății sale, asupra fundului fiecărui pahar.

Rezolvare

Paharele fiind așezate pe o suprafață orizontală, condiția de echilibru pentru apa din fiecare pahar este (*figura 1.5*):

$G = N$

în care:

G	este greutatea apei
N	este forța de apăsare exercitată de fundul paharului asupra apei

Conform principiului acțiunii și reacțiunii, și apa apasă asupra fundului paharului cu o forță

$N' = N$

și deci presiunea datorată apei este:

$$p = \frac{N'}{S} = \frac{G}{S}$$

$$G = mg = \rho Vg = \rho Shg$$

rezultă:

$$p = \rho gh$$

Se observă că rezultatul obținut nu depinde de aria S. Ca urmare, în toate cele trei cazuri, *presiunea exercitată de lichid asupra fundului paharului este aceeași.*

Presiunea hidrostatică

Presiunea exercitată de un lichid aflat în echilibru, datorată greutății lui, se numește presiune hidrostatică. Valoarea presiunii hidrostatice la adâncimea h într-un fluid de densitate constantă se poate calcula cu ajutorul relației:

(1.3) $$p = \rho gh.$$

Asemănător lichidelor, și gazele exercită o presiune datorată greutății lor. De exemplu, aerul care formează atmosfera terestră, datorită greutății sale, acționează cu o presiune numită **presiune atmosferică**. Valoarea acesteia la nivelul mării este de aproximativ 10^5 Pa. Presiunea atmosferică nu se poate calcula utilizând relația (1.3) deoarece densitatea aerului nu este aceeași peste tot (este mai mică la înălțimi mai mari).

Observație

Noțiunea *presiune hidrostatică*, deși prin elementul „*hidro*" face referire la apă, desemnează presiunea exercitată de *orice lichid* aflat în echilibru. În mod asemănător, pentru *gaze* aflate în echilibru se folosește noțiunea *presiune aerostatică*.

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

Probleme

1. Un corp cu masa de 1 kg este aşezat pe un plan orizontal. Ştiind că suprafaţa de contact dintre corp şi planul de sprijin este de 20 cm², calculează presiunea exercitată de corp asupra planului.

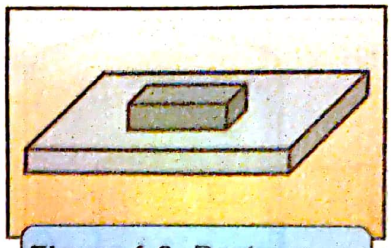


Figura 1.6. *Pentru problema 2*

2. Un corp paralelipipedic din lemn având înălţimea de 10 cm este aşezat pe un plan orizontal (*figura 1.6*). Cunoscând că densitatea lemnului este de 0,5 g/cm³, calculează presiunea exercitată de corp asupra planului. Depinde valoarea aflată de aria suprafeţei de contact? Cum se modifică rezultatul dacă aşezi corpul pe altă suprafaţă?

Figura 1.7. *Pentru problema 3*

3. Asupra unui tablou atârnat pe un perete şi având dimensiunile 30 × 40 cm (*figura 1.7*) acţionează o forţă de 60 N sub un unghi $\alpha = 60°$ în jos faţă de normala la perete. Calculează:

a) modulele componentelor normală şi tangenţială ale forţei de interacţiune dintre tablou şi perete;

b) presiunea exercitată de tablou asupra peretelui.

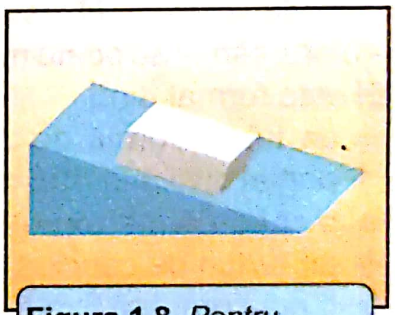


Figura 1.8. *Pentru problema 4*

4. Un corp paralelipipedic din fier având înălţimea de 10 cm este aşezat pe un plan înclinat (*figura 1.8*). Cunoscând că densitatea fierului este de 7,8 g/cm³, calculează presiunea exercitată de corp asupra planului. (α=30°).

5. Într-un rezervor cilindric având secţiunea $S = 0{,}2$ m² curge benzină dintr-un robinet. Dependenţa de timp a presiunii hidrostatice pe fundul vasului este reprezentată grafic în *figura 1.9*. Cunoscând densitatea benzinei, $\rho = 0{,}8$ g/cm³, şi $g = 10$ N/kg, se cer:

a) înălţimea coloanei de lichid la momentele $t_1 = 25$ s, respectiv $t_2 = 40$ s;

b) debitul masic al robinetului (masa de lichid care trece prin robinet în unitatea de timp);

c) viteza de creştere a nivelului lichidului din rezervor.

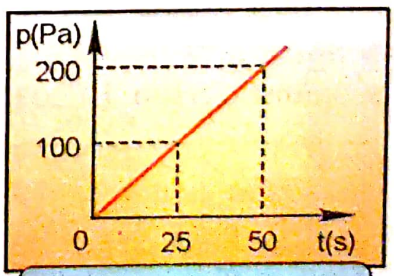


Figura 1.9. *Pentru problema 5*

1.2 Principiul fundamental al hidrostaticii

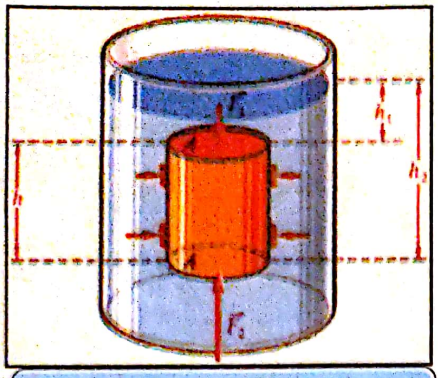


Figura 1.10. *Lichid în echilibru*

Să considerăm un lichid aflat în echilibru şi să-l delimităm mintal cu un cilindru (*figura 1.10*). Deoarece întregul lichid se află în echilibru, atunci şi lichidul din cilindrul delimitat se află în echilibru. Asupra lui acţionează vertical greutatea G, forţa de presiune pe suprafaţa superioară F_1 şi forţa de presiune pe suprafaţa inferioară F_2. Din condiţia de echilibru rezultă:

$$G + F_1 = F_2.$$

Deoarece

$$G = \rho S g \Delta h,\ F_1 = p_1 S,\ F_2 = p_2 S,$$

rezultă:

(1.4) $\Delta p = \rho \cdot g \cdot \Delta h.$

Diferenţa presiunilor din două puncte ale unui lichid aflat în echilibru este direct proporţională cu diferenţa de nivel la care se află cele două puncte.

Se observă că diferenţa presiunilor nu depinde de *adâncimile* la care se află cele două puncte, ci doar de *diferenţa* acestor adâncimi.

Măsurarea presiunii hidrostatice

În *figura 1.11* este prezentat un dispozitiv cu ajutorul căruia se poate măsura presiunea hidrostatică. El este format din:

- un tub în formă de „U“ (1), fixat vertical, umplut parţial cu lichid (**tub manometric**);
- o **capsulă manometrică** (2), (*figura 1.12*);
- un furtun de cauciuc (3);
- o riglă gradată fixată.

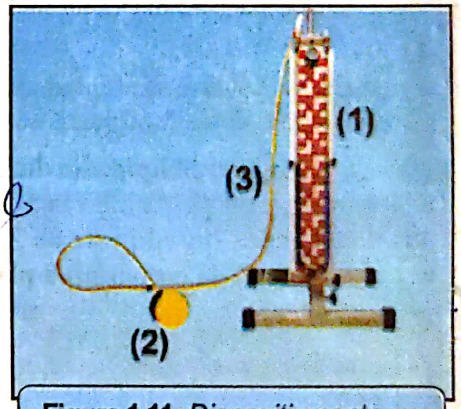


Figura 1.11. *Dispozitiv pentru măsurarea presiunii*

Dacă asupra membranei elastice acţionează o forţă de apăsare, membrana se curbează, determinând creşterea presiunii aerului închis în dispozitiv. Această creştere a presiunii aerului din interior determină, la rândul ei, producerea unei denivelări a lichidului din tub. Rezultă astfel că:

Mărimea denivelării lichidului din tubul manometric este o măsură a presiunii exercitate asupra membranei elastice.

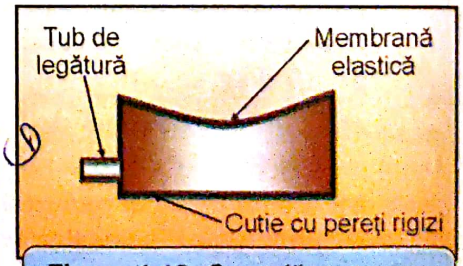


Figura 1.12. *Capsulă manometrică*

Scanned with OKEN Scanner

Lucrare de laborator

Materiale necesare

Un vas de sticlă, diferite lichide (apă, apă sărată, alcool), o capsulă manometrică, un tub manometric, o riglă gradată (*figura 1.13*).

Mod de lucru

- Se toarnă unul dintre lichide în vasul de sticlă.
- Se introduce capsula manometrică în lichid, la adâncimi diferite.
- Se modifică poziția și orientarea capsulei manometrice, păstrându-se însă centrul membranei la aceeași adâncime (*figura 1.13*).
- Se înregistrează într-un tabel de forma celui de mai jos adâncimile h_c la care s-a introdus capsula manometrică și denivelările Δh corespunzătoare ale lichidului din tubul manometric:

Numărul măsurătorii	h_c (cm)	Δh (cm)

- Se reprezintă grafic diferența de nivel Δh a lichidului din tubul manometric în funcție de adâncimea la care s-a introdus capsula manometrică.
- Se stabilește relația dintre diferența de nivel a lichidului din tubul manometric și adâncimea la care s-a introdus capsula manometrică.
- Se repetă experimentul utilizând un alt lichid; compară denivelările pentru aceeași adâncime.

Constatări

Diferența de nivel Δh a lichidului din tubul manometric:

- crește o dată cu creșterea adâncimii h_c la care este introdusă capsula manometrică;
- pentru aceeași adâncime, are aceeași valoare, indiferent de poziția și orientarea capsulei;
- depinde de natura lichidului;
- depinde aproximativ liniar de adâncime.

Concluzii

Deoarece denivelarea lichidului din tubul manometric este o măsură a presiunii exercitate asupra membranei capsulei manometrice, rezultă că:

- presiunea hidrostatică crește la creșterea adâncimii;
- presiunea hidrostatică este aceeași în toate punctele aflate în același plan orizontal;
- presiunea hidrostatică nu depinde de orientarea suprafeței pe care se exercită;
- presiunea hidrostatică este direct proporțională cu adâncimea:

$$p \sim h$$

- presiunea hidrostatică depinde direct proporțional de densitatea lichidului:

$$p \sim \rho$$

Din punct de vedere cantitativ, acest experiment verifică dependența direct proporțională

$$p \sim \rho h$$

adică o relație de forma:

$$p = \rho g h$$

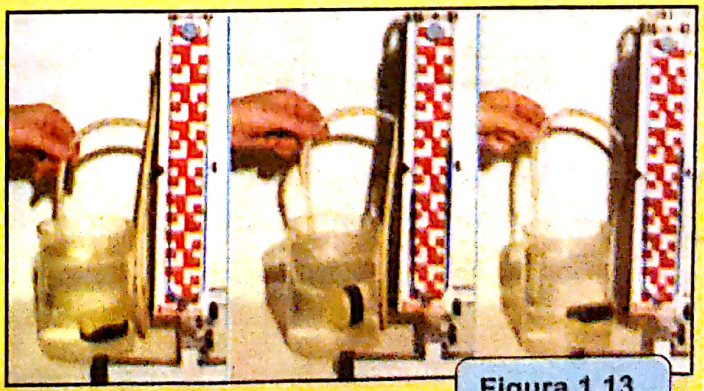


Figura 1.13.

Scanned with OKEN Scanner

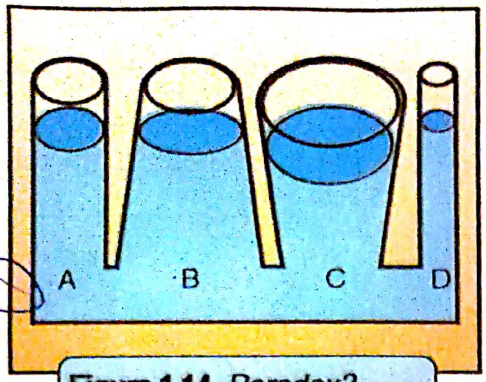


Figura 1.14. *Paradox?*

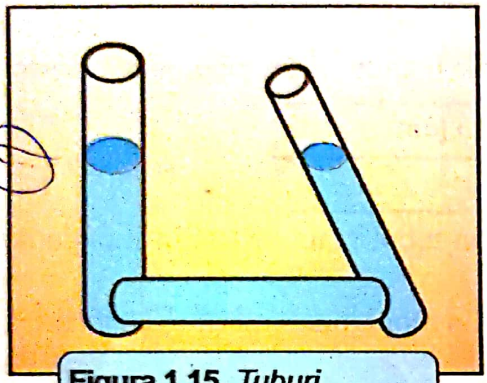


Figura 1.15. *Tuburi comunicante*

Paradoxul hidrostatic

Dacă punem în legătură mai multe vase de forme diferite (*figura 1.14*), constatăm că un lichid turnat în ele se ridică în toate până la acelaşi nivel. Înainte ca principiile hidrostaticii să fi fost complet înţelese, acest fapt părea un fenomen foarte ciudat, care a fost numit „paradoxul hidrostatic". La prima vedere s-ar părea, de exemplu, că la baza vasului **A** ar trebui ca presiunea hidrostatică să fie mai mare decât la baza vasului **D** şi deci lichidul ar trebui să fie împins de la **A** spre **D**.

Deoarece înălţimea coloanei de lichid este aceeaşi în fiecare vas, conform principiului fundamental al hidrostaticii, presiunea la baza fiecărui vas este aceeaşi. În realitate nu există nici un paradox.

Şi în tubul din *figura 1.15*, unde una dintre ramuri este înclinată, suprafaţa liberă a lichidului se află la acelaşi nivel. Cele două coloane de lichid au *lungimi* diferite, dar au aceeaşi *înălţime*.

Blaise Pascal
(1623 – 1662)

Gânditorul, matematicianul, omul de ştiinţă francez Blaise Pascal s-a născut la 19 iunie 1623.

- autorul unor lucrări subtile în multe domenii ale matematicii, în fizică, teologie şi filozofie.
- a învăţat geometria euclidiană încă de la 12 ani. A inventat prima maşină de calcul (1645). Studiile efectuate în hidrostatică i-au permis să inventeze seringa şi presa hidraulică.
- a murit la 39 de ani (19 august 1662), în urma unei grele suferinţe.
- printre cugetările sale filozofice, cea mai cunoscută este aceea prin care exprimă raţionalitatea credinţei în Dumnezeu: *„Dacă Dumnezeu nu există, nu pierzi nimic dacă tu crezi în El; dacă există şi nu crezi, atunci pierzi totul"*.

Pentru contribuţia la dezvoltarea mecanicii fluidelor, unitatea de măsură pentru presiune – ***pascal*** – îi poartă numele.

REŢINE!

Presiunea hidrostatică

Se exercită în orice fluid aflat în echilibru.

- Are aceeaşi valoare în toate punctele aflate la acelaşi nivel.
- Diferenţa presiunilor din două puncte ale unui lichid aflat în echilibru este direct proporţională cu diferenţa de nivel dintre cele două puncte.
- Pentru fluide omogene, diferenţa dintre presiunile din două puncte se poate calcula cu formula: $\Delta p = \rho \cdot g \cdot \Delta h$.
- În tuburi comunicante lichidul urcă la acelaşi nivel.

Scanned with OKEN Scanner

Probleme

1. În cele două vase conice din *figura 1.16* se află mase egale de apă. Nivelul apei este același în cele două vase. Având în vedere că ariile suprafețelor bazelor celor două vase sunt diferite, în ce relație se vor afla presiunile exercitate de lichide pe fundul fiecărui vas? Cum interpretezi acest rezultat?

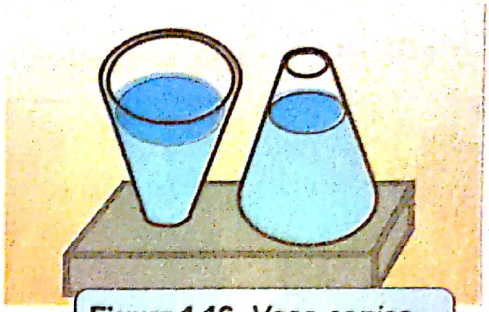


Figura 1.16. *Vase conice cu apă*

2. În *figura 1.17* este prezentat un sistem de vase comunicante. Remarcă nivelul lichidului din fiecare tub și interpretează observația. Dacă sistemul de vase s-ar înclina în plan vertical, cum s-ar modifica nivelul lichidului în fiecare tub?

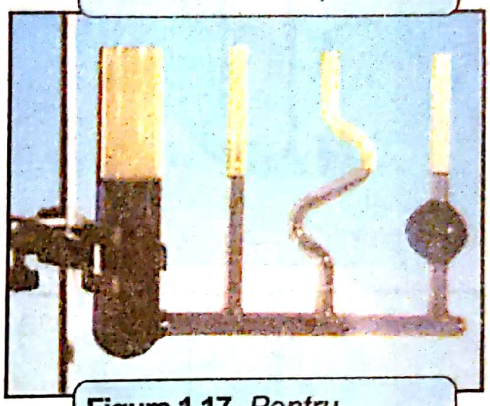


Figura 1.17. *Pentru problema 2*

3. Într-un tub în formă de U se toarnă întâi ulei ($\rho_u = 0{,}8$ g/cm^3), iar apoi într-una dintre ramurile tubului se toarnă apă (*figura 1.18*). Coloana de ulei are lungimea $l = 10$ cm.

a) Calculează denivelarea Δh.

b) Care este înălțimea minimă a coloanei de apă pentru care se află ulei numai într-o ramură a tubului?

4. În graficul din *figura 1.19* este reprezentată dependența de adâncime (măsurată față de suprafața liberă) a presiunii hidrostatice pentru două lichide diferite. Știind că unul dintre lichide este apă, iar celălalt ulei, determină:

a) care grafic corespunde apei și care uleiului;

b) valoarea presiunii hidrostatice la adâncimea de 1 m în apă, respectiv în ulei;

c) densitatea apei, respectiv a uleiului.

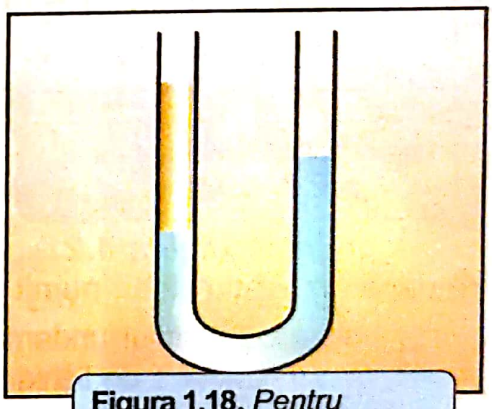


Figura 1.18. *Pentru problema 3*

5. La suprafața unui lac, presiunea are valoarea de 10^5 Pa. Cunoscând densitatea medie a apei, $\rho = 1000$ kg/m^3 și $g = 10$ N/kg, completează (pe caiet) tabelul de mai jos. Reprezintă grafic dependența de adâncime a presiunii din lac.

h (m)	p (Pa)
10	
	$2{,}5 \cdot 10^5$
25	
	$4{,}5 \cdot 10^5$

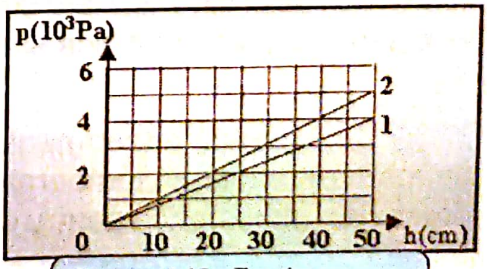


Figura 1.19. *Pentru problema 4*

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

1.3 Presiunea atmosferică

Tema 4

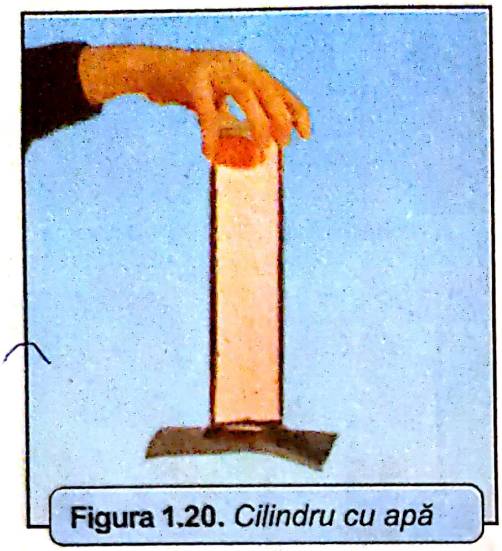


Figura 1.20. *Cilindru cu apă*

Umple complet un cilindru cu apă şi acoperă-l cu o foaie de hârtie. Întoarce-l încet cu gura în jos, ţinând foaia cu palma. Eliberează foaia (*figura 1.20*).

Constatare

- Foaia de hârtie nu se desprinde de pahar.

Interpretare

După întoarcerea cilindrului şi eliberarea foii, aceasta se află în echilibru. Asupra foii acţionează, vertical în jos, greutatea sa şi o forţă din partea lichidului. Pentru realizarea echilibrului foii este necesar ca asupra ei să acţioneze şi o forţă verticală orientată în sus. Aceasta nu poate fi decât rezultatul acţiunii aerului atmosferic, adică:

Aerul atmosferic exercită o presiune numită presiune atmosferică.

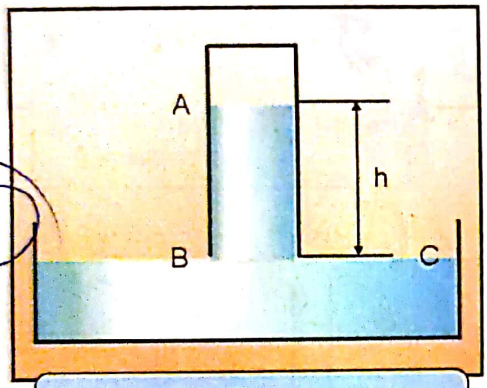


Figura 1.21. *Experimentul Toricelli*

Presiunea atmosferică este datorată *greutăţii* aerului atmosferic. Deoarece densitatea atmosferei nu este constantă, presiunea atmosferică nu se poate calcula din relaţia $p = \rho_{aer} gh$.

Primul care a măsurat presiunea atmosferică a fost Evangelista Torricelli. Acesta a umplut cu mercur un tub din sticlă lung de aproximativ 1 m, închis la un capăt. Acoperindu-l la capătul deschis, l-a întors şi l-a cufundat cu gura în jos într-un vas larg în care se afla tot mercur (*figura 1.21*). În tub, deasupra mercurului, al cărui nivel a coborât, rămâne un spaţiu vidat, numit **cameră barometrică**.

Folosind principiul fundamental al hidrostaticii se poate calcula presiunea atmosferică. Astfel, pentru coloana de lichid alegem două puncte, A şi B, conform *figurii 1.21*. Pentru acestea putem scrie: $p_B = p_A + \rho_{Hg} gh$. Deoarece punctele A şi C aparţin şi spaţiului de deasupra lichidului, rezultă că în A presiunea este zero ($p_A = 0$), iar în C presiunea este egală cu presiunea atmosferică ($p_C = p$). În punctele B şi C, presiunea are aceeaşi valoare (punctele aparţin lichidului din vasul larg şi se află la acelaşi nivel). Ca urmare, presiunea atmosferică este egală cu presiunea hidrostatică a coloanei de mercur:

$$p = \rho_{Hg} gh$$

Se constată experimental că înălţimea coloanei de mercur depinde de starea atmosferei (anotimp, temperatură, umiditatea aerului) şi de altitudine. Prin convenţie, presiunea atmosferică pentru care înălţimea coloanei de mercur este $h = 760$ mm este numită **presiune atmosferică normală** şi are valoarea:

$$p_0 \cong 13\,597{,}4 \cdot 9{,}805 \cdot 0{,}76 \text{ Pa} \cong 101\,325 \text{ Pa}.$$

Uneori este convenabil să se exprime presiunea prin înălțimea coloanei de mercur care produce o presiune hidrostatică egală cu presiunea respectivă. Presiunea exercitată de o coloană de mercur cu înălțimea de 1 mm este numită **torr** (simbol **torr**). Ca urmare, presiunea atmosferică normală are valoarea de 760 torr.

Valoarea presiunii atmosferice normale este considerată, din punct de vedere practic, unitate de măsură, fiind denumită **atmosferă fizică** (simbol **atm**). Rezultă:

1 atm = 101 325 Pa

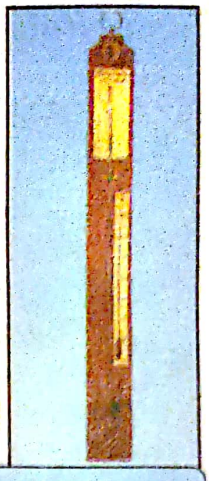


Figura 1.22. *Barometru cu mercur*

Tema 5

Folosind expresia presiunii hidrostatice, verifică relațiile:

1 torr = 133,33 Pa și 1 torr = 0,0013159 atm.

? Ce lungime minimă ar trebui să aibă tubul din experimentul Torricelli dacă s-ar folosi apă în loc de mercur? Dar ulei? De ce în experimentul Torricelli se folosește mercur și nu un lichid mai ieftin?

? Reușește experimentul Torricelli dacă tubul cu mercur este introdus cu gura în jos într-un vas cu apă?

Dispozitivele utilizate pentru măsurarea presiunii atmosferice sunt numite **barometre**.

Barometrul cu mercur este un dispozitiv de tipul celui utilizat în experimentul Torricelli (*figura 1.22*). În plus, el este prevăzut cu o riglă gradată care permite măsurarea diferenței dintre nivelul mercurului din tub și al celui din vas.

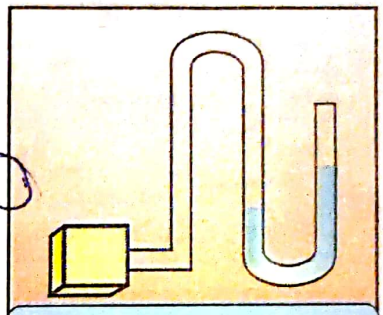


Figura 1.23. *Manometru diferențial*

Dispozitivele utilizate pentru măsurarea presiunii exercitate de un fluid oarecare sunt numite **manometre**.

Manometrul diferențial este un tub de sticlă în formă de „U", deschis la ambele capete, care conține un lichid (*figura 1.23*). Un capăt al tubului este cuplat la incinta în care se află gazul a cărui presiune p trebuie măsurată, iar celălalt capăt este deschis în atmosferă, unde presiunea este p_a. Prin măsurarea denivelării lichidului din tub se determină diferența de presiune $p - p_a$. Din acest motiv, manometrul se numește *diferențial*.

Manometrul Bourdon este format dintr-o țeavă metalică turtită, închisă la un capăt și îndoită sub formă de spirală (*figura 1.24*). Capătul deschis este fixat, iar capătul închis este cuplat la un ac indicator care se poate roti în dreptul unei scale gradate. Dacă se cuplează capătul deschis al țevii la o incintă cu presiune diferită de presiunea exterioară, spirala se deformează, producând mișcarea acului indicator.

Figura 1.24. *Manometru Bourdon*

Manometrul cu membrană este format dintr-o cutie metalică închisă cu o membrană elastică (*figura 1.25*). În cutie se află aer la presiunea atmosferică normală. Atunci când presiunea exterioară crește, membrana se deformează și, printr-un sistem mecanic de pârghii, antrenează un ac indicator care se deplasează în fața unei scale gradate pe care se citește valoarea presiunii.

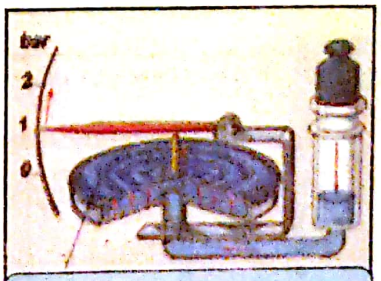


Figura 1.25. *Manometru cu membrană*

Scanned with OKEN Scanner

Emisferele de Magdeburg

Figura 1.26. *Emisferele de Magdeburg – frescă*

Un experiment istoric pentru evidențierea presiunii atmosferice a fost efectuat în 1650 de către Otto von Guericke. El a folosit două emisfere mari din cupru pe care le-a unit etanș pe margini și a vidat interiorul lor folosind o pompă de construcție proprie. După vidare, s-a încercat desprinderea celor două emisfere. La fiecare emisferă au fost înhămați cai, în număr egal, care trăgeau în sens contrar. Spre surprinderea spectatorilor, cu mare efort, câte opt cai de fiecare parte abia au reușit să le desprindă. Pompele și emisferele se găsesc și azi la Muzeul german din München.

? Câți cai ar fi fost necesari în experimentul lui dacă una dintre emisfere ar fi fost legată de un perete masiv fix?

Prin experimentele sale (dintre care unele au îngrozit lumea), Otto von Guericke a arătat oamenilor că și aerul este un corp și că, în principiu, se poate obține un spațiu gol (vidat).

Prin arta lui genială de a experimenta, Otto von Guericke a contribuit la punerea bazelor științelor naturii.

RETINE!

Presiunea atmosferică

Aerul atmosferic exercită o presiune, datorată greutății sale, numită presiune atmosferică.

- 1 atm = 101 325 Pa.
- Pentru măsurarea presiunii se folosesc manometre și barometre.
- Într-un spațiu vidat, presiunea are valoarea zero.

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

Probleme

1. Estimează forța pe care aerul atmosferic o exercită asupra geamului unei ferestre. Compară valoarea găsită cu presiunea exercitată de greutatea unui om. De ce nu se sparge geamul?

2. Pompele utilizate pentru umflarea pneurilor unui autovehicul sunt dotate cu manometre (*figura 1.27*). Manometrul indică valoarea zero, când pneul este dezumflat și 2 atm când este umflat. Ce tip de manometru este montat pe pompă? Care este presiunea reală din pneu când acesta este umflat?

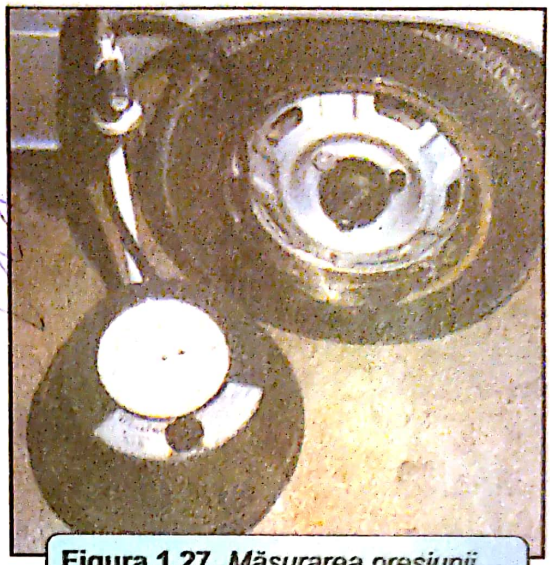


Figura 1.27. *Măsurarea presiunii aerului dintr-un pneu de automobil*

3. Exprimă 1 atm în mm coloană de ulei. Pentru ce tipuri de barometre ar putea fi folosit uleiul?

4. Pentru măsurarea unor diferențe mici de presiune cu un manometru diferențial, este convenabilă utilizarea unui lichid cu densitate mică. Explică.

5. Două emisfere au diametrul de 10 cm fiecare (*figura 1.28*). Estimează forța necesară pentru desfacerea lor, dacă se alipesc și se scoate tot aerul dintre ele. Compară această forță cu greutatea ta. Ar putea doi elevi să le dezlipească trăgând de ele? Ce informații suplimentare ți-ar fi necesare pentru a răspunde la ultima întrebare?

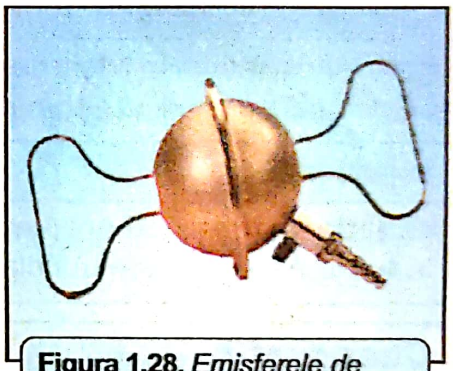


Figura 1.28. *Emisferele de Magdeburg*

6. Descrie funcționarea unui manometru metalic. Stabilește principiul pe baza căruia funcționează.

7. La înălțimi mai mari, presiunea atmosferică este mai mică (aerul este mai rarefiat). Graficul din *figura 1.29* prezintă variația presiunii atmosferice în funcție de înălțime și a fost realizat de un elev în timpul unei excursii la munte. Elevul, fiind grăbit, a uitat să treacă unitățile de măsură și valorile. Graficul a fost realizat pe hârtie milimetrică. Cea mai mare înălțime până la care a urcat a fost de 2 000 m. Ai putea completa graficul folosind informații din literatura de specialitate? (Consultă, eventual, *Internetul*.)

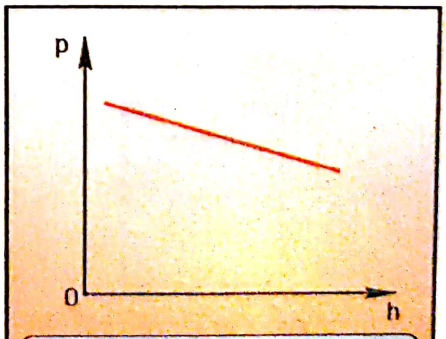


Figura 1.29. *Pentru problema 7*

1.4 Legea lui Pascal. Aplicații

Fie două puncte oarecare (A şi B) din interiorul unui lichid aflat în echilibru (*figura 1.30*). Considerăm că presiunile în cele două puncte sunt p_{A1} şi, respectiv, p_{B1}. Conform principiului fundamental al hidrostaticii:

$$p_{B1} - p_{A1} = \rho g h$$

Dacă, dintr-un motiv oarecare (de exemplu, se apasă cu un piston pe suprafața lichidului), presiunea în punctul A creşte, atunci şi în punctul B presiunea se modifică. Notăm cu p_{A2} şi, respectiv, p_{B2} noile presiuni din cele două puncte. Conform principiului fundamental al hidrostaticii:

$$p_{B2} - p_{A2} = \rho g h$$

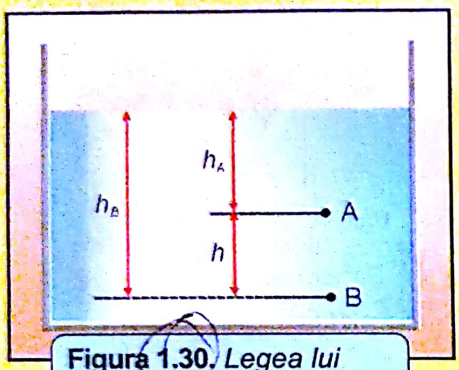


Figura 1.30. *Legea lui Pascal*

Din aceste două relații rezultă:

$$p_{B2} - p_{A2} = p_{B1} - p_{A1}$$

de unde se obține:

$$p_{B2} - p_{B1} = p_{A2} - p_{A1}$$

adică

$$\Delta p_B = \Delta p_A \qquad (1.5)$$

Deci, dacă dintr-o cauză oarecare se modifică presiunea în punctul A, atunci se modifică presiunea şi în punctul B, cele două variații de presiune fiind egale. Acest fenomen a fost descoperit în 1653 de către savantul francez Blaise Pascal şi este astăzi cunoscut sub numele de **legea lui Pascal**.

Legea lui Pascal

Variația de presiune produsă într-un punct al unui lichid se transmite integral în toate punctele acelui lichid.

Observații

- Cele două variații de presiune sunt egale dacă densitatea lichidului rămâne aceeaşi, adică dacă lichidul nu suferă, de exemplu, un proces de comprimare. În cazul gazelor, variațiile de presiune nu se transmit integral deoarece gazele sunt uşor compresibile. De exemplu, creşterea bruscă a presiunii într-un punct din aer (precum în cazul unei explozii) se resimte din ce în ce mai slab în puncte aflate la distanțe din ce în ce mai mari.
- Legea lui Pascal nu este un principiu independent, ci o consecință a legilor mecanicii.

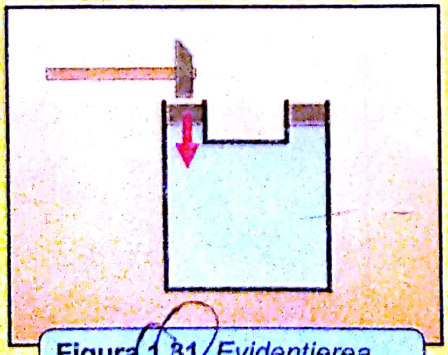


Figura 1.31. *Evidențierea legii lui Pascal*

Tema 6

În *figura 1.31* este reprezentat un vas plin cu apă, prevăzut cu două deschideri astupate cu câte un dop. Ce se întâmplă dacă se apasă brusc unul dintre dopuri (prin lovire)? Explică fenomenul care se petrece.

Scanned with OKEN Scanner

Aplicații ale legii lui Pascal

1. Presa hidraulică

Una dintre aplicațiile legii lui Pascal este ***presa hidraulică***. Schema de principiu a unei astfel de prese este prezentată în *figura 1.32*. Un piston cu secțiunea transversală *s* este utilizat pentru a exercita o forță *f* direct asupra unui lichid, de exemplu ulei. Creşterea presiunii de la suprafața lichidului ($p = f/s$) este transmisă prin tubul de legătură unui cilindru mai larg, prevăzut cu un piston mai mare, de secțiune *S*. Ca urmare:

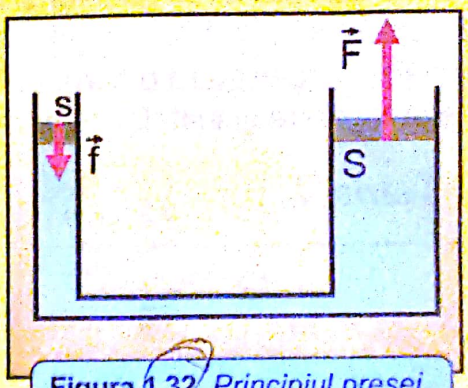


Figura 1.32. *Principiul presei hidraulice*

$$p = \frac{f}{s} = \frac{F}{S}\ ;\quad F = f\frac{S}{s}$$

Deci, presa hidraulică este un dispozitiv de *amplificare* a forței cu un *factor de multiplicare* egal cu raportul ariilor suprafețelor celor două pistoane. Scaunele folosite în frizerii şi în cabinete stomatologice, elevatorul auto şi cricul hidraulic, precum şi frânele hidraulice sunt dispozitive care folosesc principiul presei hidraulice.

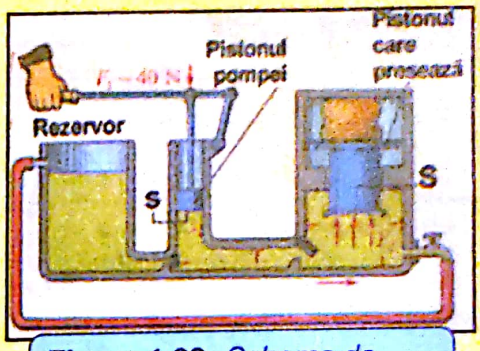


Figura 1.33. *Schema de funcționare a unei prese hidraulice*

În *figura 1.34* este prezentată schema de principiu a sistemului de frânare a roții unui autovehicul. Apăsând pe pedală cu o forță *f*, se comprimă lichidul de frână din întregul sistem. Variația de presiune astfel determinată se transmite până la saboți, care, prin frecare, opresc roata.

Pe acelaşi principiu se bazează şi construcția şi funcționarea sistemelor de *servodirecție* şi *servofrână* la autovehicule, precum şi sistemele de transmitere a forței întâlnite la vehiculele utilitare (*figura 1.35*).

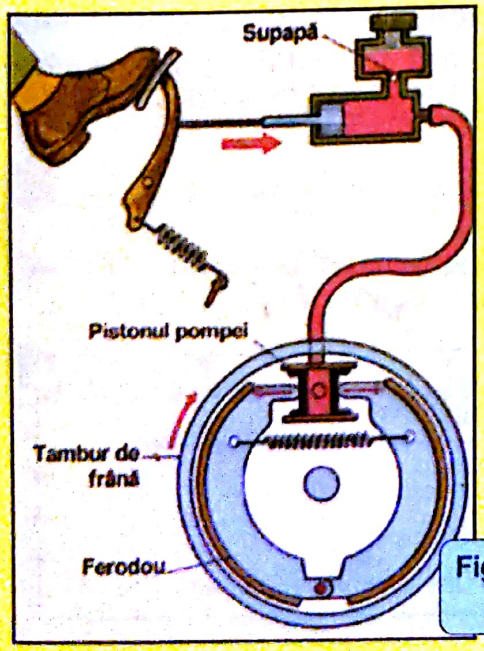


Figura 1.34. *Schiță a sistemului de frânare a roții unui autovehicul*

Figura 1.35. *Excavator hidraulic*

Scanned with OKEN Scanner

2. Pompe

Pentru comprimarea gazelor şi asigurarea circulaţiei lichidelor sunt utilizate pompe. În acestea, principiul de funcţionare se bazează pe un volum variabil şi un aranjament de supape care asigură o curgere într-un singur sens a fluidului pompat. Compresoarele de la frigidere şi instalaţiile de aer condiţionat folosesc astfel de pompe.

Tema 7

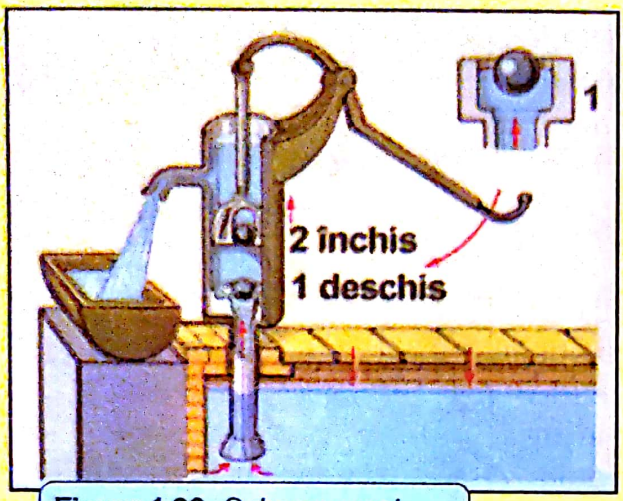


Figura 1.36. *Schema unei pompe de apă*

În *figura 1.36* este prezentată schema de principiu pentru o pompă de apă.

a) Remarcă elementele constructive ale pompei.

b) Încearcă să explici funcţionarea unei astfel de pompe.

c) Ar putea scoate apă de la orice adâncime o astfel de pompă? Dacă răspunsul este NU, motivează-l şi estimează adâncimea maximă de la care poate scoate apă o pompă construită pe acest principiu.

Multe obiecte uzuale (cum ar fi becurile electrice, termosurile etc.) includ recipiente de sticlă sau de metal din care a fost scos aproape tot aerul. Aceasta se realizează cu ajutorul unei pompe de vid.

În *figura 1.37* este prezentată schema de principiu pentru o pompă de vid.

Tema 8

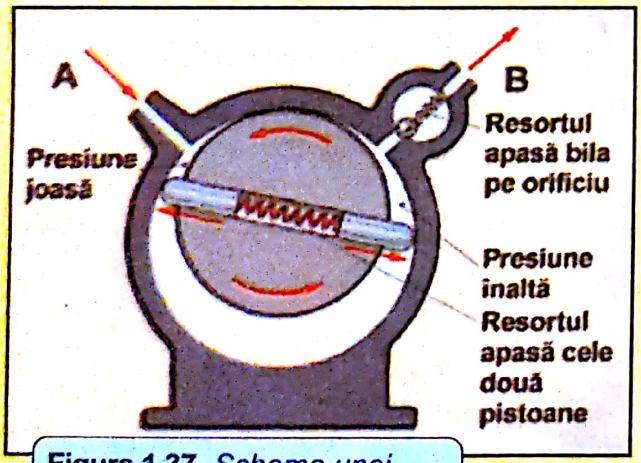


Figura 1.37. *Schema unei pompe de vid*

a) Remarcă elementele constructive ale pompei.

b) Încearcă să explici funcţionarea unei astfel de pompe.

c) Ar putea funcţiona o astfel de pompă şi ca o pompă de compresie (care măreşte presiunea dintr-o incintă)? Dacă răspunsul este afirmativ, arată ce modificări trebuie efectuate pentru ca pompa să realizeze această funcţie.

REŢINE!

Legea lui Pascal	Variaţia de presiune produsă într-un punct al unui lichid se transmite integral în toate punctele acelui lichid.
Aplicaţii	Presa hidraulică Sisteme de frânare Sisteme de comandă hidraulică la unele vehicule utilitare

Scanned with OKEN Scanner

Probleme

1. Descrie câteva aplicaţii practice a căror funcţionare se bazează pe legea lui Pascal.

2. Într-un pahar (*figura 1.38*) se află o coloană de apă cu înălţimea de 10 cm. Presiunea exterioară are valoarea de 750 torr.

   a) Care este valoarea presiunii hidrostatice exercitate de apă asupra fundului paharului?

   b) Care este presiunea totală exercitată asupra fundului paharului?

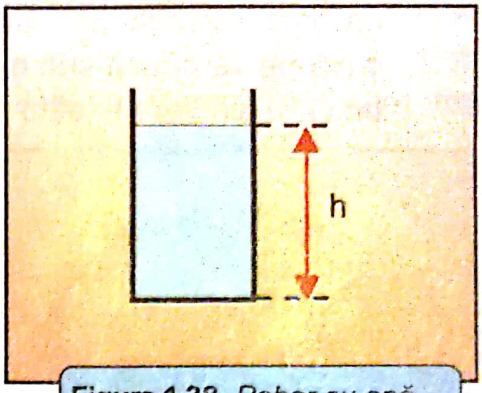


Figura 1.38. *Pahar cu apă*

3. Fixează energic ventuza unui pistol de jucărie pe o tablă udă şi trage apoi de ea pentru a o desprinde. Explică de ce este dificil să o desprinzi. Se poate prinde „puternic" ventuza pe orice suprafaţă? Explică de ce. Care sunt aplicaţiile ventuzelor?

4. Pistonul unui ascensor hidraulic pentru automobile are diametrul de 30 cm. Ce presiune este necesară pentru a ridica un automobil cu masa de 1 000 kg?

5. Asupra pistonului mic al unei prese hidraulice (*figura 1.39*) care foloseşte ulei ($\rho = 0{,}8$ g/cm^3) se exercită o forţă de 100 N.

   a) Care este forţa exercitată asupra pistonului mare al presei, dacă raportul ariilor suprafeţelor celor două pistoane este 100?

   b) Mai rămâne valabilă egalitatea $\frac{f}{s} = \frac{F}{S}$ în cazul în care nivelul lichidului în cele două tuburi laterale nu mai este acelaşi?

   c) Care este eroarea absolută, dacă diferenţa de nivel a lichidului din cele două tuburi laterale este de 20 cm? Se dă $S = 10$ cm^2.

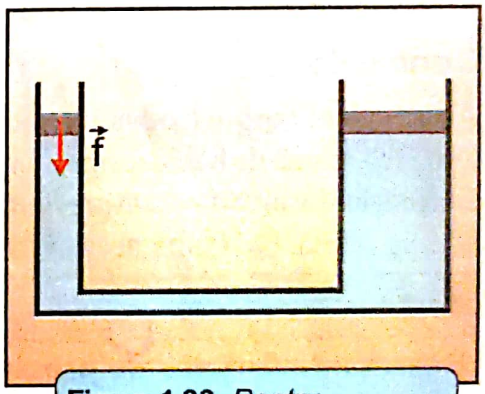


Figura 1.39. *Pentru problema 5*

6. De ce nu se poate alimenta cu aer, la orice adâncime, un scafandru care respiră printr-un tub legat de mască şi având capătul superior deasupra apei?

7. Descrie funcţionarea unei pompe de bicicletă.

8. Ce presiune ar trebui să producă o pompă pentru a ridica apa pe o diferenţă de nivel de 1000 m? Exprimaţi rezultatul în Pa şi în atm.

9. Cu ajutorul unei pompe de compresie se poate mări presiunea aerului dintr-o incintă oricât de mult. Poate fi micşorată presiunea aerului dintr-o incintă până la zero cu ajutorul unei pompe de vid?

Scanned with OKEN Scanner

1.5 Legea lui Arhimede. Aplicații

Ai constatat, probabil, că:

- un corp pare mai uşor în apă decât în aer;
- o minge introdusă sub apă urcă la suprafață, dacă este lăsată liberă;
- un corp din fier pluteşte pe suprafața mercurului, dar se scufundă în apă.

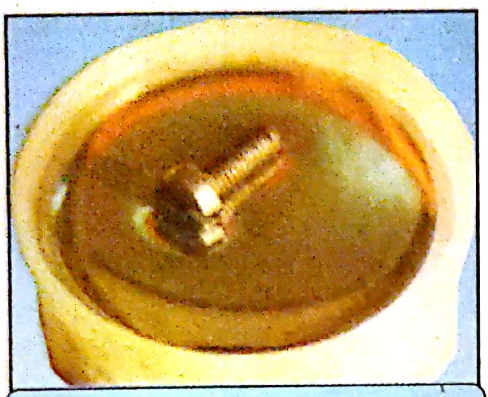


Figura 1.40. *Şurub de fier plutind pe mercur*

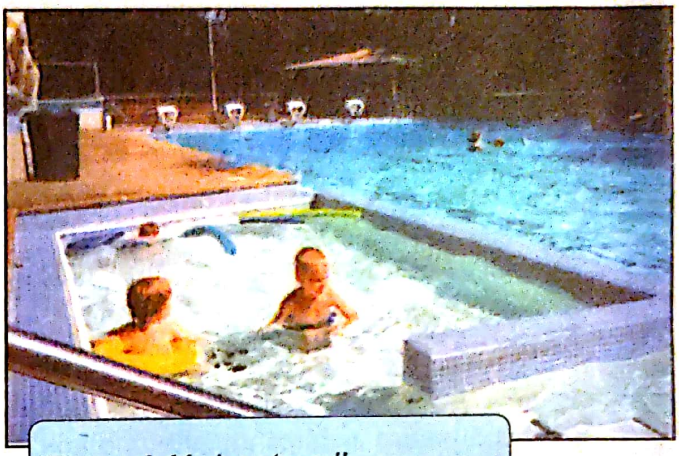


Figura 1.41. *La ştrand!*

Concluzie

Asupra unui corp introdus într-un lichid se manifestă o acțiune din partea lichidului. Forța exercitată de lichid asupra corpului este o forță *de contact*, fiind *repartizată* pe toată suprafața de contact. Ea este datorată presiunii exercitate de către lichid în toate punctele suprafeței corpului aflat în lichid. Existența acestei forțe a fost pusă în evidență de savantul grec Arhimede.

Forța arhimedică

Rezultanta forțelor de presiune exercitate de către un fluid în echilibru asupra unui corp cufundat în acel fluid se numeşte *forță arhimedică*.

Legea lui Arhimede

Asupra unui corp cufundat într-un fluid se exercită o forță verticală, orientată de jos în sus, al cărei modul este egal cu greutatea fluidului dezlocuit.

Considerăm un lichid aflat în echilibru. Delimităm mintal o porțiune arbitrară din lichid, de greutate G. Asupra acestei porțiuni, restul lichidului acționează prin forțe de apăsare (*figura 1.42*). Notăm cu F_A suma acestor forțe. Întrucât porțiunea delimitată din lichid se află, de asemenea, în echilibru, rezultă că forțele ce acționează asupra ei satisfac condițiile de echilibru (translație şi, respectiv, rotație):

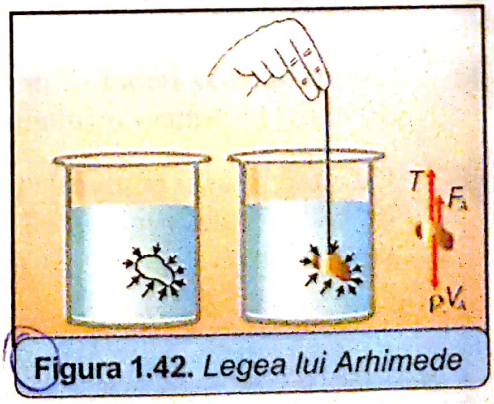


Figura 1.42. *Legea lui Arhimede*

- $\vec{F}_A + \vec{G} = 0$
- $\vec{F}_A$ şi $\vec{G}$ au aceeaşi dreaptă suport (nu formează cuplu de forțe).

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

Ca urmare, componenta orizontală a rezultantei forțelor de presiune trebuie să fie zero, iar componenta verticală a acesteia trebuie să fie egală şi de sens contrar cu greutatea fluidului delimitat. De asemenea, direcția acestei forțe trebuie să coincidă cu direcția greutății (altfel nu ar fi nul momentul forțelor care acționează asupra porțiunii de fluid delimitate).

Să presupunem acum că înlocuim porțiunea de fluid cu un corp solid care are exact aceeaşi formă. Deoarece pentru lichidul înconjurător nu s-a produs nici o modificare, presiunea hidrostatică în toate punctele sale a rămas nemodificată. Din acest motiv, forța cu care lichidul acționează asupra corpului este aceeaşi cu cea determinată anterior. Direcția sa trece, şi în acest caz, prin centrul de greutate al fluidului dezlocuit.

Dacă densitatea medie a corpului cufundat nu este aceeaşi cu a fluidului, greutatea acestuia şi forța arhimedică nu vor avea acelaşi modul; în cazul în care corpul cufundat este şi neomogen, cele două forțe nu vor avea neapărat aceeaşi dreaptă suport. Ca urmare, corpul poate să se deplaseze pe verticală şi să se rotească până va ajunge în echilibru.

Cazuri particulare

a) $\rho_f > \rho_c$, deci greutatea corpului cufundat este mai mică decât forța arhimedică. Lăsat liber, corpul se ridică spre suprafața liberă a lichidului şi, eventual, se roteşte. Pe măsură ce iese parțial din lichid, scade forța arhimedică până când modulul său devine egal cu al greutății, iar corpul ajunge în echilibru. În final, corpul pluteşte la suprafața lichidului (*figura 1.43*). Astfel de situații întâlneşti în cazul unui buştean introdus în apă, la plutirea vaselor etc.

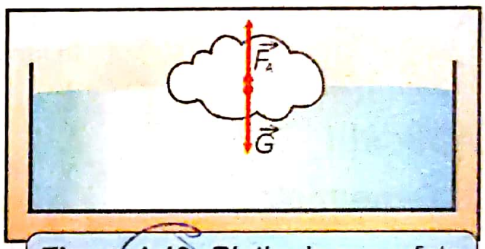


Figura 1.43. *Plutire la suprafața lichidului*

b) $\rho_f < \rho_c$, deci greutatea corpului cufundat este mai mare decât forța arhimedică. Lăsat liber, corpul coboară şi, eventual, se roteşte. El ajunge în echilibru pe fundul vasului (*figura 1.44*). Aşa se întâmplă cu o monedă aruncată în apă.

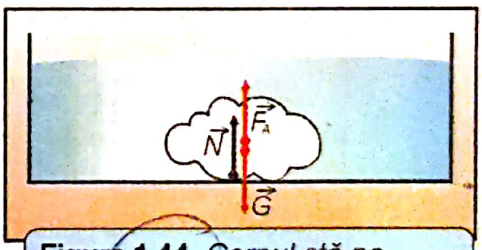


Figura 1.44. *Corpul stă pe fundul vasului*

c) $\rho_f = \rho_c$, deci greutatea corpului cufundat este egală cu forța arhimedică. Oriunde în interiorul fluidului, sunt îndeplinite condițiile de echilibru pentru un rigid (*figura 1.45*). Un balon care pluteşte în aer, un submarin plutind sub suprafața apei sunt câteva dintre situațiile de acest tip.

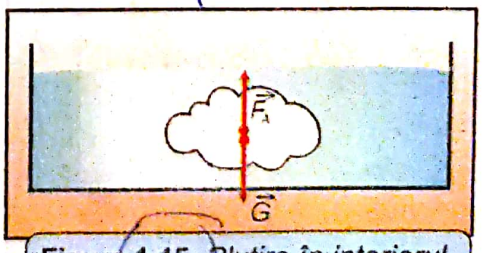


Figura 1.45. *Plutire în interiorul lichidului*

Arhimede
(cca.287 î.Hr. – 212 î.Hr.)

Arhimede, unul dintre cei mai mari savanți ai tuturor timpurilor, s-a născut în Siracuza, în jurul anului 287 î.Hr. Educația primită în familie a fost completată prin călătorii, în special în Egipt, unde, la Alexandria, a studiat cu Euclid. Printre invențiile sale se află *șurubul fără sfârșit* și *roțile dințate*. A realizat numeroase descoperiri în matematică; a dat o valoare aproximativă a numărului π. A studiat pârghiile și oglinzile concave.

În timpul atacării Siracuzei de către romani, a utilizat – conform legendei – proprietățile oglinzilor pentru incendierea vaselor inamice și a contribuit la construirea unor mașini capabile să lanseze proiectile până la distanțe foarte mari. Invențiile sale au permis Siracuzei să reziste timp de trei ani. În 212 î.Hr., romanii au reușit să intre în cetate. În ciuda ordinului dat de consulul roman de a-l captura viu pe Arhimede, acesta a fost ucis de un soldat care nu îl cunoștea.

Hieron, regele Siracuzei, comandase unui meșter o coroană din aur pur. Bănuind că meșterul folosise și o cantitate de argint, i-a cerut lui Arhimede să cerceteze compoziția coroanei, lăsând-o însă intactă. Într-o zi, pe când făcea baie, Arhimede a remarcat că membrele sale plutesc în apă și par mult mai ușoare; a intuit că un lichid acționează asupra corpurilor introduse în el, reușind să găsească soluția problemei. Entuziasmat de descoperirea sa, a uitat că este dezbrăcat, a alergat în stradă și a strigat „*Evrika*“ (Am aflat)!

Aplicații

1. Densimetrul

Funcționarea densimetrului se bazează pe legea lui Arhimede. Dispozitivul pătrunde în lichid până când greutatea lichidului dezlocuit devine egală cu greutatea sa proprie (*figura 1.46*). Dacă lichidul are densitate mai mare, se cufundă o parte mai mică a densimetrului, iar în lichide mai puțin dense, cufundarea este mai accentuată.

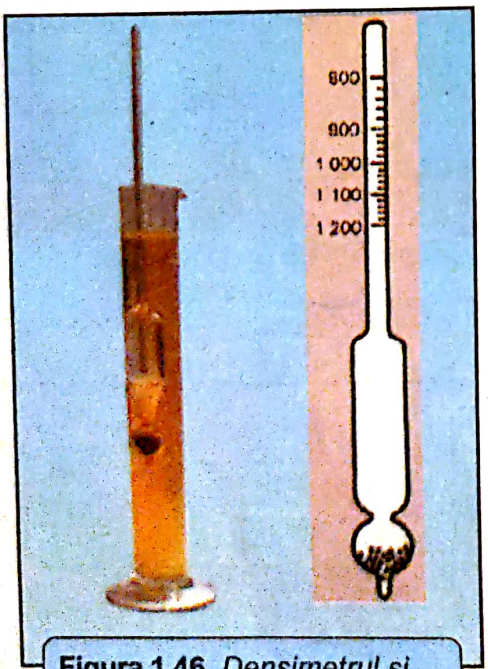


Figura 1.46. *Densimetrul și schema sa*

Greutatea densimetrului este „concentrată“ în capătul său inferior, astfel încât el păstrează o poziție verticală stabilă. Densitatea se citește la nivelul suprafeței libere a lichidului, pe scala situată pe tija aparatului.

Măsurătorile de densitate reprezintă o tehnică analitică importantă într-o mare diversitate de situații. Astfel, într-o stație de service auto, densimetrul este folosit la verificarea antigelului sau a stării acumulatorului unui autovehicul (*figura 1.47*). Un antigel de tip permanent este o soluție de etilenglicol în apă (densitate 1,12 g/cm^3), cu mici cantități de aditivi pentru împiedicarea coroziunii. Concentrația de glicol care determină punctul de îngheț al soluției poate fi aflată printr-o măsurare a densității.

Starea acumulatorului unui autovehicul poate fi aflată măsurând densitatea electrolitului – o soluție de acid sulfuric. Pe măsură ce bateria se descarcă,

Scanned with OKEN Scanner

acidul sulfuric se combină cu plumbul din plăcile acumulatorului, formând sulfatul de plumb, insolubil. Densitatea variază de la 1,3 g/cm³ pentru o baterie încărcată la 1,15 g/cm³ la o baterie descărcată.

În medicină, măsurătorile de densitate permit determinarea stării fluidelor din corp, cum sunt sângele şi urina. Densitatea sângelui uman este cuprinsă între 1,04 şi 1,06 g/cm³. Deoarece densitatea sângelui creşte cu creşterea concentraţiei hematiilor, o densitate mai mică decât 1,04 g/cm³ indică o anemie. Densitatea obişnuită a urinei este de 1,02 g/cm³. Anumite boli duc la eliminarea excesivă a sărurilor din organism şi deci la o creştere corespunzătoare a densităţii urinei.

Calitatea laptelui (conţinutul de grăsimi animale) poate fi verificată, de asemenea, cu ajutorul densimetrului.

Conţinutul de alcool al unei băuturi se verifică tot cu ajutorul unui densimetru.

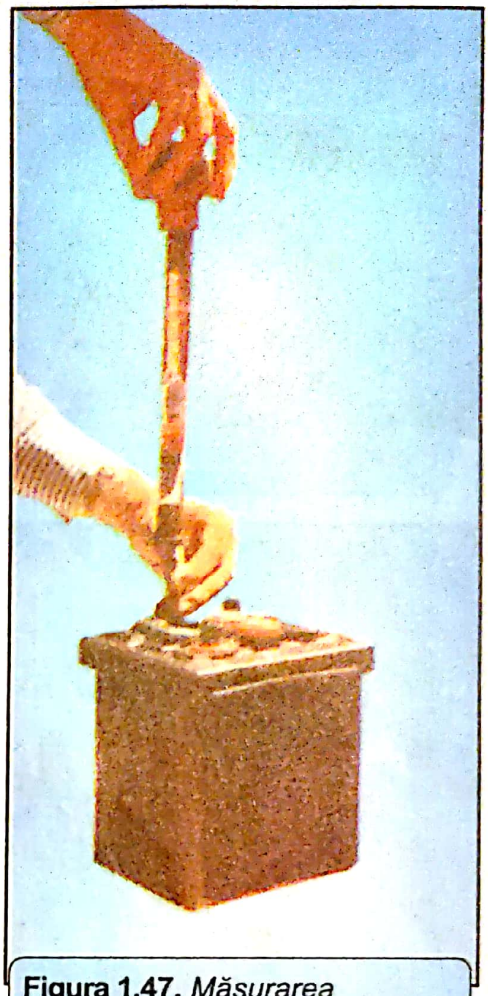


Figura 1.47. *Măsurarea densităţii lichidului*

2. Nave maritime

Un vapor (sau o barcă) pluteşte la suprafaţa apei în mod asemănător cu densimetrul, fiind într-o situaţie de tip **a**). În funcţie de încărcătura sa, nava se cufundă mai mult sau mai puţin în apă.

Pentru asigurarea stabilităţii în timpul deplasării, nava are o formă specială, astfel încât, oricum s-ar înclina, cuplul de forţe format din greutate şi forţa arhimedică să readucă nava în poziţie verticală. Pentru aceasta este necesar ca direcţia forţei arhimedice să taie axa verticală de simetrie a navei într-un punct numit **metacentru** (*figura 1.48*), care să se afle întotdeauna deasupra centrului de greutate al navei. Din acest motiv, încărcătura vapoarelor se poziţionează cât mai aproape de fundul lor.

Figura 1.48. *Metacentru*

Pe vapoare este desenată o **linie de plutire**, care atenţionează asupra limitei maxime de încărcare. Evident, stabilitatea unui vapor neîncărcat este precară, motiv pentru care niciodată vapoarele nu se deplasează neîncărcate (în lipsa mărfii transportă balast).

Submarinul (*figura 1.50, pag. 24*), balonul cu nacelă, zeppelinul, balonul meteorologic (*figura 1.51*) plutesc în interiorul fluidului, fiind în situaţia **b**).

Forţa arhimedică se manifestă asupra corpurilor introduse în orice fluid (gaz sau lichid). Întrucât densitatea

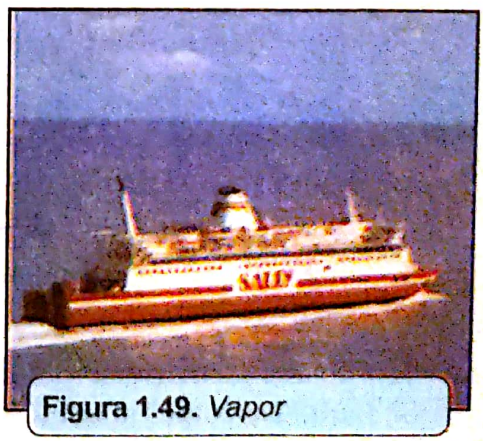


Figura 1.49. *Vapor*

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

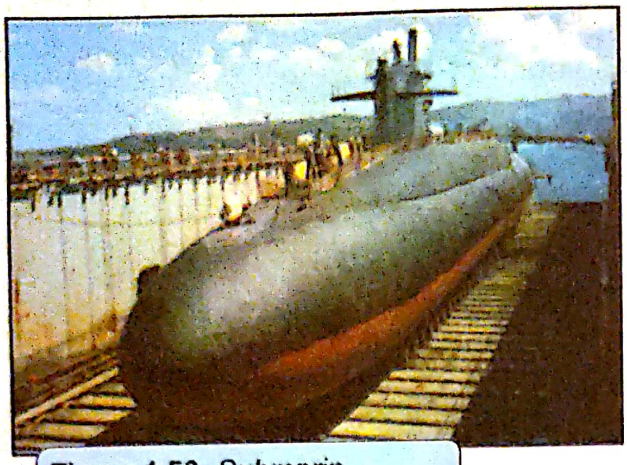


Figura 1.50. *Submarin*

Figura 1.51. *Balon meteorologic*

gazelor, în aceleaşi condiţii fizice, este mult mai mică decât densitatea apei, rezultă că, asupra aceluiaşi corp, forţa arhimedică exercitată în aer este mult mai mică decât într-un lichid.

3. Baloane

Baloanele umplute cu hidrogen sau heliu (gaze mai puţin dense decât aerul) urcă în atmosferă. Dacă li se ataşează o nacelă şi se reglează greutatea acesteia cu ajutorul unei cantităţi de nisip, baloanele pot pluti în echilibru în atmosferă. Adesea, în loc de hidrogen – care poate arde violent – se foloseşte aer cald.

În cazul *baloanelor cu aer cald* (pagina 3), este posibilă *reglarea greutăţii* aerului din interiorul balonului. Un astfel de balon are o deschidere la partea sa inferioară (comunică cu mediul înconjurător). În dreptul acestei deschideri este plasat *un arzător* care menţine aerul din balon la o temperatură mai mare decât cea din exterior. Dacă se măreşte temperatura aerului din balon, o parte din aer iese în mediul înconjurător, ceea ce determină scăderea greutăţii balonului. În acest fel se poate comanda deplasarea pe verticală a balonului.

4. Cântărirea corpurilor

Atunci când se fac cântăriri de precizie, trebuie ţinut cont şi de forţa arhimedică. Folosind o balanţă cu braţe egale, cele două corpuri (cel cântărit şi cel cu care se cântăreşte) nu vor avea exact aceeaşi masă decât dacă au şi aceeaşi densitate.

? Varza cumpărată în piaţă „cântăreşte" două kilograme. Masele etalon utilizate sunt confecţionate din oţel. Masa reală a verzei este mai mare sau mai mică de 2 kg?

1 Lucrare de laborator: Studiul forţei arhimedice

1. Materiale necesare

Un vas de sticlă, diferite lichide (apă, apă sărată, alcool), un corp cu densitatea mai mare decât a lichidului, o sfoară, dinamometru.

Mod de lucru

- Se măsoară greutatea corpului în aer.
- Se introduce corpul în lichide diferite, întâi parţial şi apoi total.

- Se măsoară „greutatea“ corpului scufundat.
- Se calculează forța arhimedică prin diferența dintre greutatea corpului în aer și „greutatea“ sa în lichid.

Cerințe

A. Arată că forța arhimedică se caracterizează prin:
- direcție verticală;
- sens contrar greutății corpului;
- modul dependent de natura lichidului și de volumul dezlocuit;
- punct de aplicație: centrul de greutate al volumului de lichid dezlocuit;

Repetă experimentul anterior introducând corpul în lichid la adâncimi diferite. Modifică înălțimea lichidului din vas.

B. Arată că forța arhimedică este independentă de:
- adâncimea de imersiune;
- înălțimea lichidului;
- poziția, greutatea, forma corpului.

Concluzie

În fiecare situație, forța arhimedică are aceeași valoare.

2. Materiaie necesare

Un vas de sticlă, apă, un corp de forma unei haltere asimetrice (format din două sfere de același volum, dar cu densități diferite, mai mari decât a apei), o sfoară (*figura 1.52*).

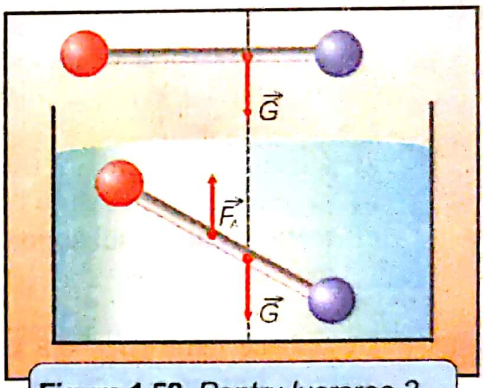


Figura 1.52. *Pentru lucrarea 2*

Mod de lucru

- Se suspendă haltera astfel încât să stea în echilibru în poziție orizontală.
- Se introduce haltera în apă.

Constatare

La introducerea halterei în apă, aceasta se rotește.

Deci, momentul forței arhimedice față de centrul de greutate al halterei este nenul. Ca urmare, punctul de aplicație al forței arhimedice nu coincide, pentru corpuri neomogene, cu centrul de greutate al corpului. Se poate arăta că punctul de aplicație al forței arhimedice coincide cu centrul de greutate al volumului de lichid dezlocuit.

REȚINE!

Forța arhimedică

Direcție: verticală.

Sens: contrar lui *G*.

Modul: egal cu greutatea fluidului dezlocuit.

Punct de aplicație: centrul de greutate al volumului de lichid dezlocuit.

Forța arhimedică este independentă de:
- adâncimea de imersiune;
- înălțimea lichidului din vas;
- orientarea, greutatea și forma corpului.

Scanned with OKEN Scanner

Probleme

1. Un cub de lemn ($\rho_1 = 0{,}6$ g/m³) cu latura $l = 10$ cm se introduce complet sub apă ($\rho_a = 1$ g/cm³). Determină:
a) valoarea forței arhimedice care acționează asupra cubului;
b) forța care menține cubul sub apă (valoare și orientare);
c) poziția pe care o va ocupa cubul dacă este lăsat liber.

2. Cum se poate dovedi experimental dacă un corp are sau nu o cavitate în interiorul său?

3. Un lingou cu masa de 0,5 kg este confecționat dintr-o placă din iridiu ($\rho_1 = 22{,}5$ g/cm³) goală în interior, acoperită cu un strat foarte subțire de aur ($\rho_2 = 19{,}3$ g/cm³).
a) Care trebuie să fie volumul total al lingoului pentru ca densitatea sa medie să fie egală cu densitatea aurului?
b) Care este volumul aerului din interior?

4. Ce suprafață minimă trebuie să aibă un bloc de gheață de formă cilindrică, cu grosimea de 50 cm, ca să poată susține un copil cu masa de 50 kg? Densitatea gheții este de 0,917 g/cm³.

5. O bilă din fier ($\rho = 7{,}8$ g/cm³) de masă $m = 100$ g, suspendată printr-un fir, se introduce în apă (*figura 1.53*). Baza vasului are aria $S = 10$ cm². Calculează modificările determinate de introducerea bilei în apă suferite de:
a) tensiunea din fir;
b) nivelul apei din vas;
c) forța cu care vasul acționează asupra suportului pe care este așezat.

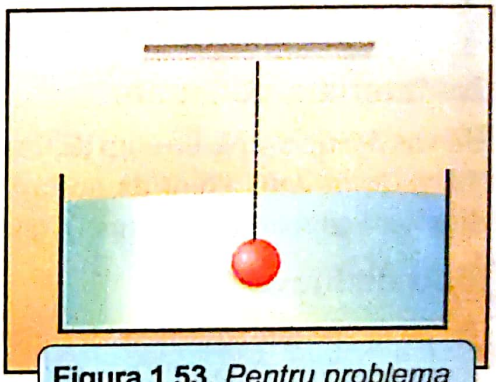


Figura 1.53. *Pentru problema 5*

6. Un cub de lemn ($\rho_1 = 0{,}8$ kg/cm³) cu latura de 9 cm plutește într-un vas cu apă. Deasupra apei se toarnă ulei ($\rho_2 = 0{,}7$ g/cm³) până când cubul se cufundă complet.
a) Ce grosime are stratul de ulei?
b) Care este presiunea pe fața inferioară a cubului?
c) Cu ce forță acționează lichidul asupra unei fețe laterale a cubului?

7. Un corp din lemn ($\rho_1 = 0{,}6$ g/cm³) este cântărit cu ajutorul unei balanțe cu brațe egale, folosind mase marcate din fontă ($\rho_2 = 7{,}8$ g/cm³). Determină eroarea relativă efectuată în măsurarea masei corpului, cunoscând $\rho_{aer} = 1{,}3$ kg/m³.

8. **Temă experimentală**
Cilindrul roșu din *figura 1.54* are volumul egal cu volumul interior al cilindrului metalic suspendat deasupra sa (poate fi introdus exact în acesta). Folosind un astfel de dispozitiv, verifică legea lui Arhimede.

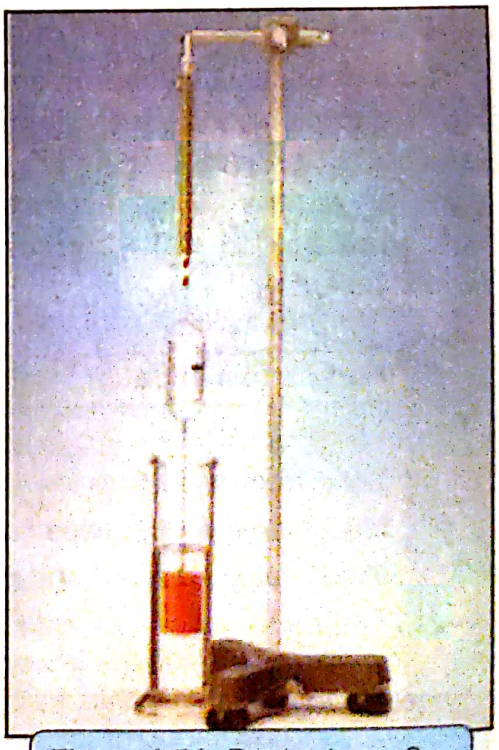


Figura 1.54. *Pentru tema 8*

Scanned with OKEN Scanner

1.6 Propagarea sunetului. Tuburi şi coarde sonore

La un concert de muzică simfonică remarci o multitudine de instrumente muzicale (*figura 1.55*): cu coarde (vioară, violoncel, contrabas etc.), de suflat (flaut, fagot, clarinet, corn etc.) şi de percuţie (tobe, talere, cinel etc.).

Fiecare instrument produce sunete care ajung la urechea ta şi creează, toate împreună, muzica pe care o asculţi.

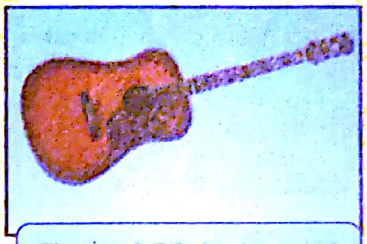


Figura 1.55. *Instrument muzical*

Experimentul 1

Materiale necesare

O lamă elastică, o coardă de oţel, un suport (de exemplu, o menghină) şi o scândură cu câte două cuie la fiecare capăt.

Mod de lucru

- Fixează un capăt al lamei elastice în suport.
- Deplasează lateral capătul liber al lamei şi apoi eliberează-l.
- Fixează coarda, bine întinsă, pe scândură şi ciupeşte-o.

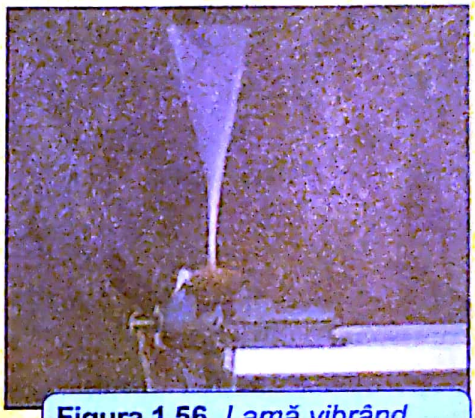


Figura 1.56. *Lamă vibrând*

Constatare

- În ambele cazuri, urechea recepţionează sunete.

Un corp care emite sunete este numit **sursă sonoră**.

Exemple de surse sonore:

- *coarde* (coardele vocale şi coardele vibrante ale instrumentelor muzicale);
- *membrane vibrante* (tobă, cinel etc.);
- *tuburi sonore* (fluier, flaut, taragot, nai etc.).

Temă: *Enumeră alte surse sonore.*

Emisia sunetelor se produce prin **oscilaţia** surselor sonore. Lama elastică şi coarda de oţel (din experimentul anterior) oscilează. Creanga unui pom de pe care şi-a luat zborul o pasăre, trambulina părăsită de săritorul în apă sau pendulul unui ceas cu pendul **oscilează**.

Viteza de oscilaţie se caracterizează printr-o mărime fizică numită **frecvenţă**, care se măsoară în **hertzi** (se pronunţă „herţi"), simbol **Hz**. 1 Hz reprezintă frecvenţa unui oscilator care efectuează o oscilaţie pe secundă.

Omul poate auzi sunete a căror frecvenţă este cuprinsă (aproximativ) între **20 Hz** şi **20 000 Hz**.

Alte vieţuitoare pot auzi sunete cuprinse într-un interval de frecvenţe mai larg. Câinele, de exemplu, poate auzi sunete cu frecvenţe până la 50 000 Hz, iar pisica poate auzi sunete cu frecvenţe şi mai mari.

Scanned with OKEN Scanner

Experimentul 2

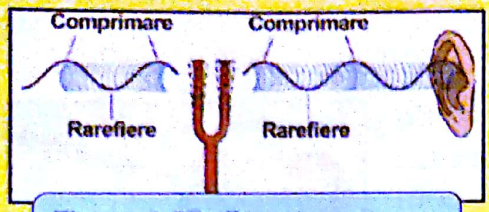


Figura 1.57. *Propagarea sunetului*

Figura 1.58. *Pendul pus în oscilație de sunet*

Ține palma în apropierea unui difuzor care transmite, puternic, o melodie (așa cum se întâmplă într-o discotecă). Îndepărtează încet palma de difuzor.

Constatări

- Palma simte oscilațiile aerului.
- Pe măsură ce crește distanța față de difuzor, oscilațiile simțite de palmă devin tot mai slabe.

Concluzii

- Vibrațiile membranei difuzorului sunt transmise aerului.
- Sunetul se propagă *din aproape în aproape*, prin punerea în oscilație a tuturor punctelor unui mediu.
- **Intensitatea sunetului** scade o dată cu creșterea distanței dintre sursă și receptor.

Orice sursă sonoră, prin oscilație, determină modificarea presiunii în punctele mediului din imediata sa apropiere. Această variație de presiune se transmite prin mediu, ajungând la urechea observatorului (*figura 1.57*). Urechea umană poate tolera fără durere variații de presiune de cel mult 30 Pa. Acestei variații de presiune îi corespunde o deplasare maximă a timpanului de aproximativ 0,0017 mm. Cea mai mică variație de presiune care permite recepționarea unui sunet cu frecvența de 1 000 Hz are valoarea de $3 \cdot 10^{-5}$ Pa. Deplasarea corespunzătoare a timpanului urechii este de aproximativ 10^{-9} m. Poți observa că urechea umană este deosebit de sensibilă!

Sursa sonoră transmite energie mediului înconjurător, producând vibrația particulelor mediului aflate în contact cu ea. Acestea, la rândul lor, pun în vibrație particulele vecine. Pe măsură ce crește distanța dintre sursă și receptor, aceeași energie este transmisă unui număr tot mai mare de particule ale mediului. Din acest motiv, intensitatea sunetului scade o dată cu creșterea distanței dintre sursă și receptor.

Tabelul 1.1. *Viteza sunetului în diferite substanțe la 20°C*

Substanța	Viteza (m/s)
Cauciuc	35
Aer	340
Heliu	1 005
Plumb	1 200
Apă	1 480
Cupru	3 900
Granit	6 000

Ce dovedesc oscilațiile pendulului din figura 1.58?

Poți auzi zgomotul dintr-o cameră vecină, separată de cea în care te afli, prin pereți nu prea groși. Înotând sub apă poți auzi zgomotul produs la ciocnirea a două pietre. Dacă pui o sonerie sub un clopot de sticlă vidat, sunetul ei nu se mai aude (soneria trebuie să nu fie în contact cu nici unul dintre pereții incintei!).

Sunetul se propagă prin toate substanțele, indiferent de starea lor de agregare. S-a constatat experimental (*tabelul 1.1*) că valoarea vitezei de propagare a sunetului depinde de mediu (diferă de la un mediu la altul). Cea mai mare viteză de propagare a sunetului se atinge în granit (6 000 m/s). Prin vid nu se propagă sunetele!

Scanned with OKEN Scanner

Experimentul 3

- Pune un ceas mecanic pe fundul unui cilindru lung.
- Aşază-te astfel încât să auzi cel mai bine ticăitul ceasului.
- Plasează deasupra capătului deschis al cilindrului o placă din sticlă (*figura 1.59*). Aşază-ţi urechea pe aceeaşi orizontală cu placa. Roteşte placa astfel încât să auzi cât mai bine ticăitul ceasului.

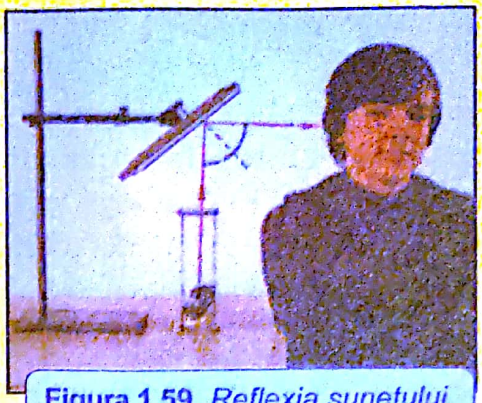


Figura 1.59. *Reflexia sunetului*

Constatări

- Sunetul ceasului se aude cel mai bine când pe direcţia ceas-ureche nu se află alte corpuri.
- Placa din sticlă trebuie aşezată la 45° faţă de orizontală pentru cea mai bună recepţie a sunetului.

Concluzii

- Într-un mediu omogen, sunetul se propagă rectiliniu.
- La suprafaţa de contact dintre două medii, sunetul se reflectă.

O consecinţă a reflexiei sunetului este **ecoul**. Două sunete pot fi percepute distinct numai dacă intervalul de timp care separă sosirea lor la ureche este mai mare de 0,1 s. Astfel, dacă în calea sunetului se află un obstacol – deal sau munte – la o distanţă mai mare de 17 m, sunetul reflectat este ecou.

Justifică de ce distanţa minimă pentru auzirea ecoului este de 17 m.

Senzaţia auditivă este condiţionată de proprietăţile fizice ale sunetului.

Cele mai importante caracteristici fiziologice ale sunetului sunt: **înălţimea**, **intensitatea auditivă** şi **timbrul**.

Înălţimea sunetului – însuşire a senzaţiei auditive după care sunetele sunt ordonate pe o scară, de la sunete joase la sunete înalte. Spunem, de exemplu, că sunetele produse de o soprană sunt sunete înalte, în timp ce sunetele produse de un bas sunt sunete joase sau grave. Înălţimea sunetelor este dependentă de frecvenţa sunetului. Astfel, soprana emite sunete de frecvenţă mai mare decât basul.

În muzică, sunetele sunt ordonate după înălţime, criteriul de ordonare fiind frecvenţa. Fiecare sunet are o denumire care îl situează pe un anumit loc în scară. Opt sunete consecutive în aceeaşi scară formează o octavă. Pianul, de exemplu, emite sunete cuprinse în 5 octave, de la Do_3 (căruia îi corespunde sunetul de frecvenţa 264 Hz) până la Do_7 (4 224 Hz).

Intensitatea auditivă, numită şi tăria sunetului, reprezintă însuşirea senzaţiei auditive prin care sunetele sunt clasificate în slabe şi puternice. Pentru a putea fi percepute de ureche, sunetele trebuie să aibă intensitatea peste o anumită valoare, specifică urechii. Valoarea minimă a intensităţii sonore sub care sunetul dispare complet se numeşte **prag auditiv inferior**. Sunetele foarte puternice (de intensitate foarte mare) provoacă omului senzaţii de durere. Valoarea intensităţii la care apare această senzaţie se numeşte **prag auditiv superior**.

Urechea, mai ales urechea exersată, poate distinge două sunete de aceeaşi înălţime şi intensitate, emise de instrumente muzicale diferite (de exemplu, pian şi vioară). Această însuşire a senzaţiei auditive se numeşte **timbru**. Recunoaşterea vocii unei persoane este posibilă datorită timbrului, care este caracteristic fiecărei persoane. Tehnicile actuale pot pune în evidenţă, pe baza timbrului, o „amprentă" vocală, folosită de criminalişti pentru identificarea persoanelor.

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

Coarde vibrante

Oscilațiile produse la capătul unei coarde se propagă de-a lungul ei şi se reflectă la capătul opus. Oscilațiile *incidentă* şi *reflectată* se suprapun. În anumite condiții, vor exista pe coardă:

- puncte care nu oscilează deloc, numite **noduri**;
- puncte care în timpul oscilației se îndepărtează cel mai mult de poziția de echilibru, numite **ventre**.

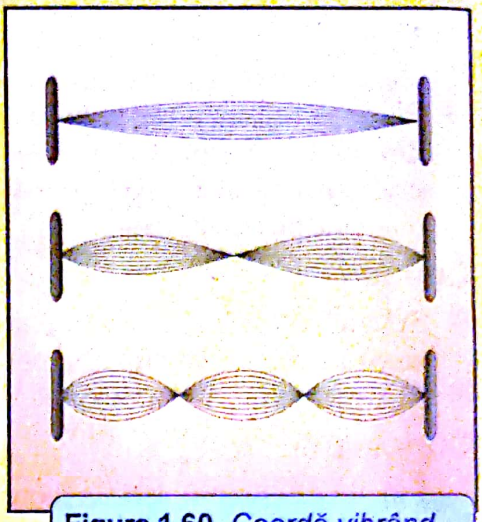


Figura 1.60. *Coardă vibrând*

Între două noduri succesive, coarda pare a fi un fus (ochiul nu poate remarca distinct toate pozițiile prin care trece coarda). Pe o coardă prinsă la ambele capete (cazul instrumentelor cu coarde) se pot forma unul sau mai multe fuse. Atunci când pe o astfel de coardă se formează un singur fus, se spune că ea oscilează în **mod fundamental**, iar când se formează mai multe fuse, spunem că se produc **armonice**. Frecvențele armonicelor sunt multipli întregi ai frecvenței fundamentale. Pe una şi aceeaşi coardă se pot produce simultan mai multe moduri de oscilație: oscilația fundamentală poate fi însoțită de anumite armonice sau poate apărea numai la unele armonice. Aceste moduri diferite de oscilație permit distingerea aceleiaşi note obținută prin vibrații ale coardelor a două instrumente diferite (de exemplu, pian şi vioară).

Pe o aceeaşi coardă de vioară se pot obține sunete de frecvențe diferite prin modificarea tensiunii de întindere sau prin modificarea lungimii ce oscilează.

Experimentul 4

Ai la dispoziție: un diapazon, un ciocănel din cauciuc şi o cutie din lemn.

- Loveşte încet diapazonul cu ciocănelul.
- Pune apoi diapazonul pe cutia din lemn (*figura 1.61*).

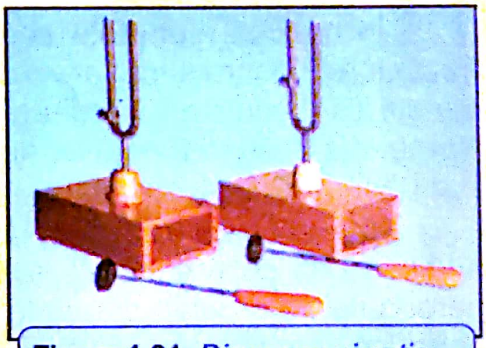


Figura 1.61. *Diapazon şi cutie de rezonanță*

Constatări

- Sunetul auzit în primul caz este abia perceptibil.
- Sunetul auzit în al doilea caz este mult mai intens.

Concluzie

- Cu ajutorul unor cutii de formă şi mărime bine alese, sunetele pot fi mult întărite (intensitatea sunetelor creşte).

Astfel de cutii se numesc **cutii de rezonanță** şi sunt folosite la fabricarea unor instrumente muzicale. Ele „întăresc" armonice diferite ale aceleiaşi fundamentale, în funcție de construcția lor specifică.

Studiul sunetelor şi codificarea lor în game permite scrierea partiturilor muzicale, citirea acestora şi, ca urmare, redarea unor lucrări muzicale.

Tuburi sonore

Flautul, fagotul, clarinetul, cornul şi orga sunt câteva dintre instrumentele muzicale în construcţia cărora intră **tuburi sonore**. Acestea pot fi închise la ambele capete, numai la unul sau la nici unul. La unele dintre ele, aerul din tub este pus în oscilaţie de o lamă vibrantă (pe care o pune în vibraţie, într-un anumit mod, instrumentistul). Tubul sonor are, de fapt, rolul cutiei de rezonanţă.

Figura 1.62. *Orga*

Într-un tub închis la ambele capete, oscilaţiile moleculelor de aer se produc asemănător cu cele ale punctelor unei coarde fixate la ambele capete. La capetele închise ale tuburilor apar noduri de oscilaţie. Dacă între cele două noduri se află un singur ventru, tubul oscilează în mod fundamental. Când între cele două noduri extreme se află mai multe ventre, se obţin armonice ale sunetului fundamental. Modificând lungimea coloanei oscilante dintr-un tub se modifică frecvenţa sunetelor emise.

Întrebări. Probleme

1. Avioanele care se deplasează cu o viteză mai mare decât viteza sunetului în aer se numesc **avioane supersonice**. Poate auzi un călător aflat într-un astfel de avion zgomotul motorului?

2. De ce, în cazul unei curse atletice în care cronometrajul se efectuează manual, arbitrii pornesc cronometrul în momentul în care văd fumul produs de pistolul de start? Cu ce valoare ar fi afectat rezultatul dacă, la o cursă de 100 m, arbitrii ar porni cronometrul în momentul în care ar auzi pocnetul pistolului?

3. Din momentul observării fulgerului şi până în momentul auzirii tunetului au trecut 8 s. La ce distanţă de locul evenimentului se află observatorul?

4. Un lac este format pe vârf de munte, într-un crater. Arunci o piatră de pe malul lacului şi cronometrezi timpul scurs din momentul în care piatra atinge suprafaţa apei până în momentul în care auzi sunetul. Ce adâncime are craterul (până la suprafaţa apei), dacă intervalul de timp este de 1,5 s?

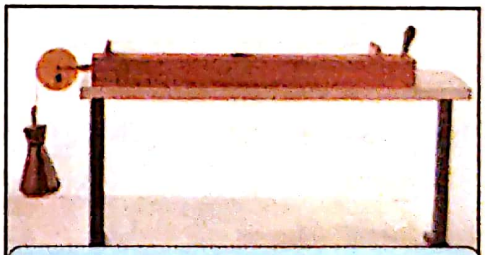


Figura 1.63. *Pentru problema 5*

5. **Temă experimentală:** Ai la dispoziţie o coardă din oţel, un suport prevăzut cu un scripete şi corpuri cu masa marcată (*figura 1.63*). Fixează coarda (bine întinsă) pe suport şi ciupeşte-o. Ascultă sunetul emis de coardă. Întinde coarda până când pe ea se formează un singur fus. Analizează (calitativ) dependenţa dintre frecvenţa sunetului emis de coardă şi tensiunea de întindere a corzii.

6. **Temă experimentală:** Ai la dispoziţie un număr de pahare identice din sticlă. Toarnă apă în fiecare dintre ele până la acelaşi nivel. Loveşte încet cu un creion fiecare pahar. Compară între ele sunetele emise de fiecare pahar. Mai toarnă puţină apă în unul dintre pahare şi loveşte-le din nou. Ce instrument muzical ţi-ai putea construi şi cum l-ai putea acorda? Repetă experimentul folosind pahare de cristal. Compară sunetele emise de paharele de cristal cu cele emise de paharele de sticlă.

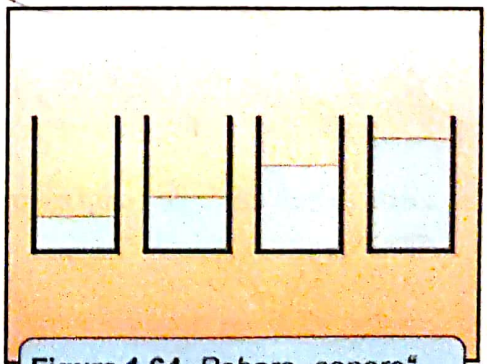


Figura 1.64. *Pahare „sonore"*

Scanned with OKEN Scanner

1. Presiunea este o mărime fizică:
   a) adimensională;
   b) scalară;
   c) vectorială;
   d) fundamentală;
   e) nici unul dintre răspunsurile anterioare nu este corect.

2. 1 Pa reprezintă forța de 1 N ce acționează pe o suprafață de 1 m^2:
   a) normal pe suprafață;
   b) paralel pe suprafață;
   c) uniform distribuit pe suprafață;
   d) uniform distribuit și normal pe suprafață;
   e) oblic pe suprafață.

3. Presiunea hidrostatică:
   a) depinde de natura lichidului;
   b) este diferită la aceeași adâncime în interiorul aceluiași lichid;
   c) depinde de adâncime;
   d) este aceeași la aceeași adâncime în interiorul aceluiași lichid;
   e) depinde de suprafața vasului.

Cascada 4 - 5: În două vase, având raportul secțiunilor $\frac{S_1}{S_2} = 2$, se află apă, respectiv ulei, în coloane cu înălțimi egale ($\rho_{apă} = 1\,000$ kg/m^3, $\rho_{ulei} = 800$ kg/m^3).

4. Raportul $\frac{p_1}{p_2}$, al presiunilor hidrostatice exercitate de coloanele de lichid asupra fundurilor vaselor, este:
   a) 2;
   b) 0,5;
   c) 0,8;
   d) 1,25;
   e) 1.

5. Raportul $\frac{F_1}{F_2}$, al forțelor de presiune exercitate de coloanele de lichid asupra fundurilor vaselor, este:
   a) 2;
   b) 2,5;
   c) 0,4;
   d) 1,25;
   e) 1.

6. Expresia matematică a principiului fundamental al hidrostaticii este:
   a) $p = \rho \cdot g \cdot \Delta h$;
   b) $\Delta p = \rho \cdot g \cdot h$;
   c) $\Delta p = \rho \cdot g \cdot \Delta h$;
   d) $\Delta F = \rho \cdot g \cdot \Delta h$;
   e) $F = \rho \cdot g \cdot h$.

7. Presiunea atmosferică:
   a) este datorată *greutății* aerului atmosferic;
   b) deoarece densitatea atmosferei este constantă, se poate calcula cu relația $p = \rho_{aer} gh$;
   c) deoarece densitatea atmosferei este constantă, nu se poate calcula cu relația $p = \rho_{aer} gh$;
   d) deoarece densitatea atmosferei nu este constantă, se poate calcula cu relația $p = \rho_{aer} gh$;
   e) deoarece densitatea atmosferei nu este constantă, nu se poate calcula cu relația $p = \rho_{aer} gh$.

8. Presiunea atmosferică normală are valoarea:
   a) $p = 101\,325$ Pa;
   b) $p = 101\,325$ torr;
   c) $p = 1$ bar;
   d) $p = 760$ Pa;
   e) $p = 760$ torr.

9. Pentru măsurarea presiunii se folosesc:
   a) termometre;
   b) densimetre;
   c) manometre;
   d) rigle;
   e) barometre.

Scanned with OKEN Scanner

2

CĂLDURA

- Agitația termică. Mișcarea browniană
- Căldura (conducția, convecția, radiația)

Scanned with OKEN Scanner

2.1 Agitația termică

Difuzia

Experimentul 1

1. Deschide o sticlă de parfum (sau una de oțet) într-o cameră închisă.

Constatare

După un interval de timp scurt, de ordinul secundelor, mirosul de parfum (oțet) se simte în întreaga încăpere. Vaporii de parfum (oțet) se amestecă **de la sine** cu aerul.

2. Lasă o picătură de cerneală să cadă, de la înălțime mică, într-un pahar cu apă la temperatura camerei.

Constatare

După un interval de timp de ordinul minutelor, cerneala se amestecă **de la sine** cu apa.

3. Lasă o picătură de cerneală să cadă într-un pahar cu apă caldă, de la înălțime mică.

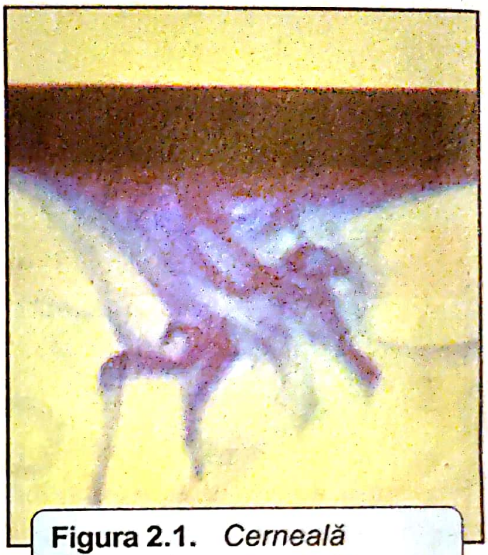


Figura 2.1. *Cerneală difuzând în apa dintr-un pahar*

Constatare

Amestecul apă - cerneală se produce tot **de la sine**, de data aceasta într-un timp mult mai scurt.

Experimentele descrise pun în evidență, în diferite stări de agregare, fenomenul numit **difuzie**. Se constată că durata în care se produce difuzia se micşorează dacă se măreşte temperatura corpurilor puse în contact.

Pentru a explica aceste fenomene se admite că, indiferent de starea de agregare în care se află corpul, moleculele lui se află într-o mişcare:

- spontană şi neîncetată;
- complet haotică;
- ce se caracterizează prin viteze mai mari la temperaturi mai mari.

Mişcarea moleculelor având aceste caracteristici se numeşte **agitație termică**.

Difuzia

Se numeşte difuzie fenomenul de pătrundere a moleculelor unui corp printre moleculele altui corp, fără a se interveni din exterior.

Amestecul de la sine a două corpuri puse în contact se observă şi în cazul solidelor. Astfel, două plăcuțe metalice cu suprafețele foarte bine şlefuite, din metale diferite, puse în contact se sudează **de la sine** după câteva luni.

Tema 1

În cazul a două gaze, difuzia încetează atunci când amestecul devine omogen. Încetează şi mişcarea moleculelor în acel moment?

Scanned with OKEN Scanner

Mişcarea browniană

Ai observat, probabil, într-o cameră în care pătrunde un fascicul îngust de lumină, corpuri mici (firicele de praf) aflate în mişcare continuă. Dacă urmăreşti cu atenţie, un timp mai îndelungat (5-10 minute), mişcarea acestor corpuri, vei remarca „dansul" lor continuu şi faptul că, în mod paradoxal, firicelele de praf nu cad spre Pământ.

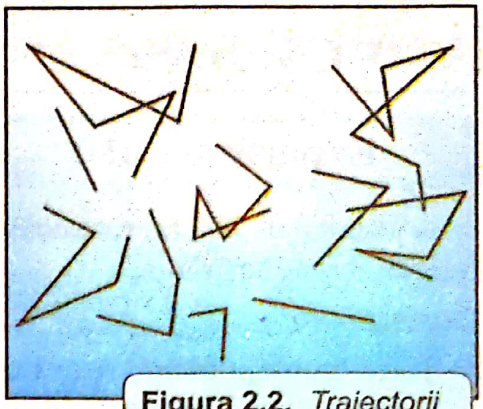


Figura 2.2. *Traiectorii în mişcarea browniană*

Observând la microscop mişcarea unor particule de polen aflate în suspensie într-un lichid, botanistul englez Robert Brown a remarcat (1828) următoarele caracteristici ale acestei acesteia:

- traiectoria are forma unei linii *frânte* (*figura 2.2*);
- este *spontană* (se produce de la sine, fără a avea, aparent, o cauză exterioară) şi *eternă* (există dintotdeauna şi nu va înceta niciodată să existe).
- se intensifică la creşterea temperaturii (prin încălzirea preparatului, viteza particulelor de polen creşte).

Fenomenul prezentat a fost denumit **mişcare browniană**.

În cazul mişcării browniene, moleculele lichidului, aflate în mişcare haotică, ciocnesc particulele de polen. Dacă particulele sunt mari, numărul de molecule ce le ciocnesc simultan este mare şi efectul ciocnirilor se compensează reciproc, astfel încât mişcarea browniană nu se observă.

În cazul particulelor mici, numărul de molecule care ciocnesc simultan o particulă este mic şi efectele ciocnirilor nu se compensează. Particula se deplasează rectiliniu până în momentul în care, din nou, efectele ciocnirilor nu se compensează. În acest moment, particula îşi schimbă direcţia de mişcare. **Vitezele mai mari ale moleculelor, cărora le corespunde o temperatură mai mare a corpului, determină o viteză mai mare a particulelor aflate în suspensie.**

Tema 2

1. Este adevărată afirmaţia: „Moleculele se află în mişcare browniană"?
2. Este adevărată afirmaţia: „Particulele de polen se află în agitaţie termică"?
3. Datorită atracţiei gravitaţionale, aerul ar trebui să se „strângă", într-o pătură subţire, la suprafaţa Pământului. Explică de ce nu se întâmplă acest lucru.
4. Pe o masă de biliard se află patru bile (*figura 2.3*). Lovind cu tacul una dintre ele, prin ciocniri succesive sunt puse în mişcare toate bilele. Poate fi considerată mişcarea lor mişcare browniană?

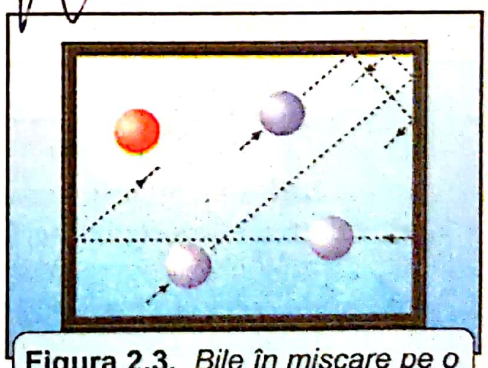


Figura 2.3. *Bile în mişcare pe o masă de biliard*

REŢINE!

Agitaţia termică	Mişcarea moleculelor are următoarele caracteristici: ■ este spontană şi neîncetată; ■ este complet haotică; ■ are viteze mai mari la temperaturi mai mari.
Difuzia şi mişcarea browniană sunt dovezi experimentale ale mişcării moleculelor.	

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

2.2 Căldura

Experimentul 2

Ai la dispoziție: un ibric care conține apă caldă, o cratiță ce conține apă rece și un termometru. Introdu ibricul în cratiță.

Constatare

- După un timp, **temperatura** corpurilor puse în contact termic devine aceeași.

Atingerea stării de **echilibru termic** se poate explica astfel:

- La temperaturi mai mari – cazul corpului mai cald – agitația termică este mai intensă. Energia cinetică medie a moleculelor corpului mai cald este mai mare.
- O parte dintre moleculele corpurilor aflate în contact se ciocnesc între ele.
- Prin ciocniri se realizează un transfer de energie de la moleculele cu energie cinetică mai mare spre cele cu energie cinetică mai mică.
- Transferul de energie încetează când se ajunge la echilibru termic.

Căldura – măsură a transferului de energie – (simbol Q) este o mărime fizică scalară și, de asemenea, o mărime fizică *de proces*.
Fiind un transfer de energie, ecuația unității de măsură în SI este:
(2.1.) $\langle Q \rangle = J$,
aceeași ca și în cazul energiei și al lucrului mecanic.

Uneori, pentru exprimarea căldurii, se folosește unitatea calorie (simbol cal):
1 cal = 4,18 J

Căldura

Energia transferată, numai prin mișcarea dezordonată a moleculelor, între două sisteme aflate în contact termic se numește căldură.

Documentar

Stării de **echilibru termic** i se asociază o mărime fizică numită **temperatură.**
Temperatura este o **mărime fizică de stare** (caracterizează starea de echilibru termic a unui sistem).Temperatura este o mărime fizică scalară.
Aparatul cu ajutorul căruia se măsoară temperatura se numește termometru.

Puncte de referință	Scara de temperatură		
	Celsius	Kelvin (absolută)	Fahrenheit
Fierberea apei la presiune atmosferică normală	100 °C	373,15 K	212 °F
Topirea gheții la presiune atmosferică normală	0 °C	273,15 K	32 °F
Cea mai mică temperatură	– 273,15 °C	0 K	– 459,6 °F

Figura 2.4. *Scări termometrice. Schemă*

Scanned with OKEN Scanner

Observații

1. Relațiile de transformare (aproximative) între scările termometrice din *figura 2.4* sunt:

În scara \ Din scara	Kelvin T (K)	Celsius t (°C)	Fahrenheit t_F (°F)
Kelvin	T	$T = t + 273$	$T = \frac{5}{9}(t_F - 32) + 273$
Celsius	$t = T - 273$	t	$t = \frac{5}{9}(t_F - 32)$
Fahrenheit	$t_F = \frac{9}{5}(T - 273) + 32$	$t_F = \frac{9}{5}t + 32$	t_F

2. Pentru a defini o scară de temperatură, se aleg două puncte termometrice, cărora li se atribuie anumite valori.
3. Cele două puncte termometrice alese în scările Fahrenheit şi Celsius sunt punctul de topire al gheții la presiunea atmosferică normală şi punctul de fierbere al apei la presiunea atmosferică normală. Intervalul de temperaturi dintre cele două puncte alese se împarte la o anumită valoare, definind astfel gradul în scara considerată.
4. În scările de temperaturi Celsius şi Kelvin, intervalul respectiv este împărțit la aceeaşi valoare, 100. *Kelvinul* şi *gradul Celsius* se numesc, din acest motiv, grade centigrade.
5. Intervalele de temperaturi în scările centigrade sunt egale: Δt (°C) = ΔT (K)

Probleme

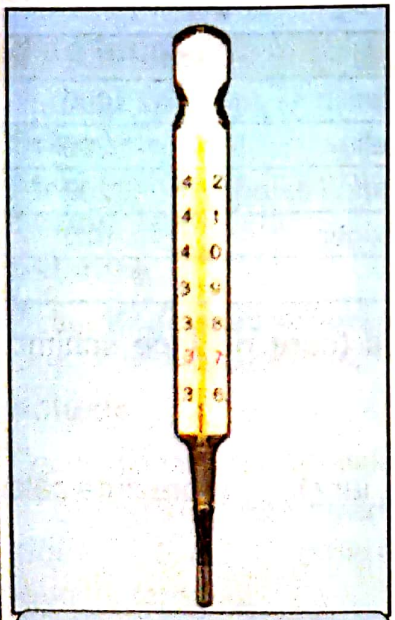


Figura 2.5. *Termometru*

1. Citeşte observația **2** şi defineşte:
   a) kelvinul;
   b) gradul Celsius;
   c) gradul Fahrenheit.
2. Copiază tabelul pe caiet şi completează-l:

	Kelvin T (K)	Celsius t (°C)	Fahrenheit t_F (°F)
Temperatura stării 1	373		
Temperatura stării 2		50	
Temperatura stării 3			0

3. Fahrenheit a ales drept unul dintre punctele termometrice temperatura corpului său, pe care a notat-o cu valoarea de 100°F. Exprimă această valoare în scara Celsius.
4. În *figura 2.5* poți vedea un termometru care are scala gradată în °C. Construiește-ți o scală pentru a putea citi temperatura direct în °F.

Coeficienți calorici

Variația temperaturii unui anumit corp care schimbă energie cu exteriorul depinde de căldura schimbată, de masa şi natura corpului, precum şi de procesul suferit.

Capacitatea calorică este o mărime ce caracterizează corpul. Ea descrie legătura dintre căldura schimbată de un corp cu exteriorul şi variația temperaturii corpului în acest proces.

Capacitatea calorică C a unui corp este numeric egală cu căldura Q primită de corp când temperatura lui creşte cu 1K:

(2.2.) $$C = \frac{Q}{\Delta T}$$

Ecuația unității de măsură pentru capacitatea calorică este: $\langle C \rangle = \frac{\langle Q \rangle}{\langle \Delta T \rangle} = \frac{\text{J}}{\text{K}}$.

Căldura specifică este caracteristică substanței din care este alcătuit corpul.

Căldura specifică c a unei substanțe este numeric egală cu căldura Q primită de un corp din substața respectivă având masa de 1 kg, atunci când temperatura lui creşte cu 1 K:

(2.3.) $$c = \frac{Q}{m\Delta T}$$

Ecuația unității de măsură pentru căldura specifică este: $\langle c \rangle = \frac{\langle Q \rangle}{\langle m \rangle \langle \Delta T \rangle} = \frac{\text{J}}{\text{kg K}}$.

Tabelul 2.1. *Căldurile specifice ale unor substanțe (în* $\frac{\text{J}}{\text{kg K}}$*)*

Solide		Lichide		Gaze	
Aluminiu	920	Amoniac	2180	Aer	1000
Argint	250	Alcool	2430	Heliu	5200
Gheaţă	2090	Apă	4185	Vapori de apă	2200
Oţel	470	Benzină	2140	Oxigen	920
Platină	125	Fier lichid	830		

Ecuația calorimetrică. Într-un sistem izolat termic (care nu face schimb de căldură cu exteriorul), format din două subsisteme,

(2.4.) $$Q_{\text{absorbit}} = |Q_{\text{cedat}}|$$

unde Q_{absorbit} reprezintă căldura absorbită de un subsistem, iar Q_{cedat} reprezintă căldura cedată de celălalt subsistem.

Tema 3

Calculează căldura specifică a unui aliaj format din:
a) mase egale de aluminiu şi argint;
b) volume egale de aluminiu şi argint.

Scanned with OKEN Scanner

Experimentul 3

Materiale necesare

Tije din materiale diferite (metal, lemn, sticlă), un suport pentru tije, o lumânare (spirtieră sau lampă de gaz) şi chibrituri.

Mod de lucru

- Fixează tija metalică, orizontal, în suport. Aprinde lumânarea şi aşază pe tijă, la distanţe aproximativ egale, 4-5 picături de ceară. Aprinde spirtiera şi încălzeşte un capăt al tijei.
- Repetă experimentul anterior folosind în locul tijei metalice o tijă din lemn şi apoi o tijă din sticlă.

Constatări

- Picăturile de ceară se înmoaie succesiv în cazul tijei metalice, începând cu picătura cea mai apropiată de capătul încălzit.
- În cazul tijei din lemn şi al celei din sticlă, picăturile de ceară mai depărtate de capătul încălzit nu se înmoaie.

Concluzie

↳ În metal, căldura s-a transmis **din aproape în aproape** de-a lungul tijei.

Transmiterea căldurii din aproape în aproape se numeşte conducţie termică.

Experimentul 4

Materiale necesare

Patru bastoane cu aceleaşi dimensiuni,din materiale diferite (fier, cupru, sticlă, material plastic), o cuvă cu apă, o spirtieră (lampă de gaz) şi chibrituri.

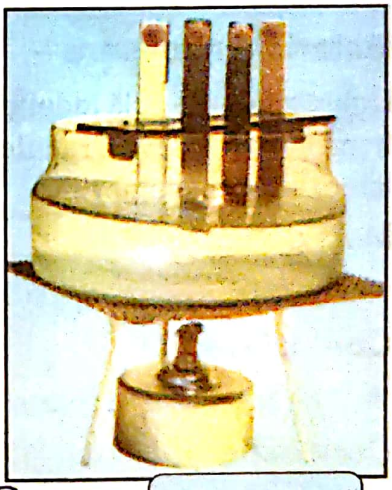


Figura 2.6.

Mod de lucru

- Aprinde spirtiera şi aşază la capetele bastoanelor câte o picătură de ceară.
- Aşază bastoanele în poziţie verticală, cu capătul liber în apa încălzită la spirtieră.

Constatare

- Picăturile de ceară se înmoaie succesiv, întâi pe bastonul din cupru şi apoi pe cel din fier, în timp ce pe celelalte două bastoane picăturile nu se înmoaie.

Concluzie

↳ Conducţia căldurii în medii solide depinde de natura materialului.

Corpurile care nu transmit căldura prin conducţie se numesc izolatoare termice. În *tabelul 2.2* este indicată comportarea unor substanţe din punctul de vedere al conducţiei termice.

Transmiterea căldurii prin conducţie se produce în corpurile solide.

În general, corpurile lichide sau gazele (aflate în această stare la temperatura mediului) nu conduc decât foarte slab căldura (excepţie: mercurul).

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 2.2. *Comportarea unor substanțe din punctul de vedere al conducției termice*

Bune conductoare de căldură	Slabe conductoare de căldură	Rele conductoare de căldură (izolatoare)
Aur	Sticlă	Azbest
Argint	Lemn	Masă plastică expandată
Cupru	Material plastic	Puf
Mercur	Cărămidă	Lână
Fier	Hârtie	Plută

Transmiterea căldurii prin convecție

Experimentul 5

Materiale necesare

Suport, spirală din hârtie, lumânare și chibrituri.

Mod de lucru

- Așază lumânarea aprinsă sub spirală (*figura 2.7*).

Constatare

- Spirala începe să se rotească.

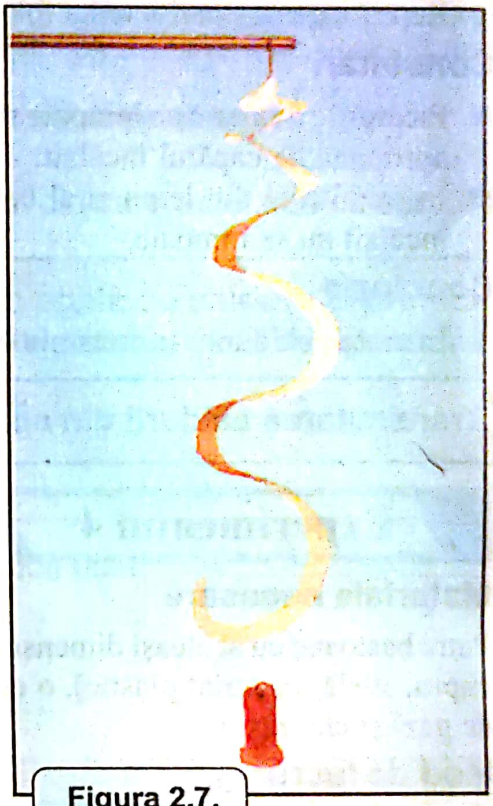


Figura 2.7.

Experimentul 6

Materiale necesare

Două tuburi de sticlă îndoite, pâlnie de sticlă, tub de plastic transparent, câteva granule de permanganat de potasiu, lampă de gaz și chibrituri.

Mod de lucru

- Umple sistemul cu apă și aprinde lampa de gaz (*figura 2.8*).

Constatare

- Apa începe să se rotească în sensul indicat de săgeți.

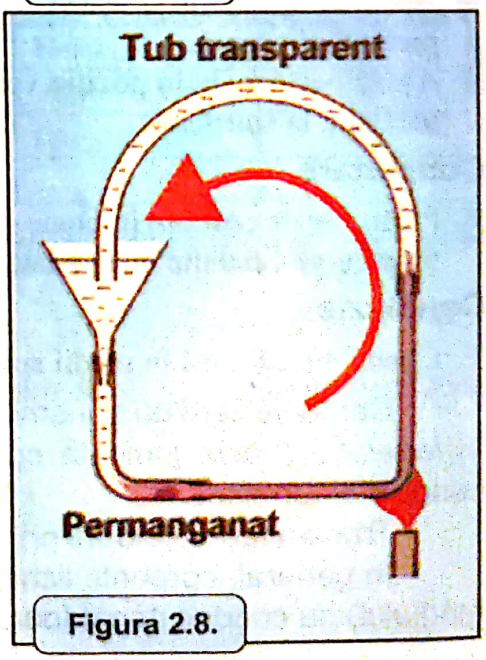


Figura 2.8.

Concluzie

În ambele experimente, deplasarea unor cantități de aer, respectiv de apă se datorează încălzirii și dilatării acestora. Prin dilatare, cantitatea de apă caldă, respectiv de aer cald, aflată în apropierea sursei de căldură își micșorează densitatea și se deplasează spre înălțimi mai mari. O altă cantitate de apă (aer) îi ia locul și procesul se repetă. Se formează astfel *curenți* în interiorul substanței. Acești curenți realizează transferul căldurii prin **convecție**.

Prin lichide și gaze, căldura se transmite prin convecție (curenți).

Scanned with OKEN Scanner

Transmiterea căldurii prin radiație

Transmiterea căldurii prin conducție sau convecție presupune existența unei substanțe între sursa de căldură și receptor. În cazul conducției, substanța este în stare solidă, iar în cazul convecției substanța este fie în stare lichidă, fie în stare gazoasă (fluid).

După cum știi, Soarele încălzește Pământul după ce razele sale traversează vidul interplanetar. Observi cu ușurință acest fapt atunci când treci dintr-o zonă însorită într-o zonă de umbră. În acest caz, căldura se transmite prin *radiație*, propagarea putând avea loc fie în prezența, fie în absența unei substanțe între sursă și receptor.

Propagarea căldurii prin radiații are loc și în absența unui mediu între sursă și receptor.

Experimentul 7

Materiale necesare

Două termometre, fiecare având lipită de rezervor câte o plăcuță metalică de aceeași arie – una argintată și cealaltă neagră – o spirtieră (lampă de gaz) și chibrituri.

Mod de lucru

- Aprinde spirtiera și așază termometrele la egală distanță de flacără.

Constatare

- Termometrul aflat în contact cu plăcuța metalică neagră indică o temperatură mai mare.

Concluzie

- Receptorul absoarbe prin radiație o căldură mai mare dacă are culoarea mai apropiată de negru (*figura2.9*).

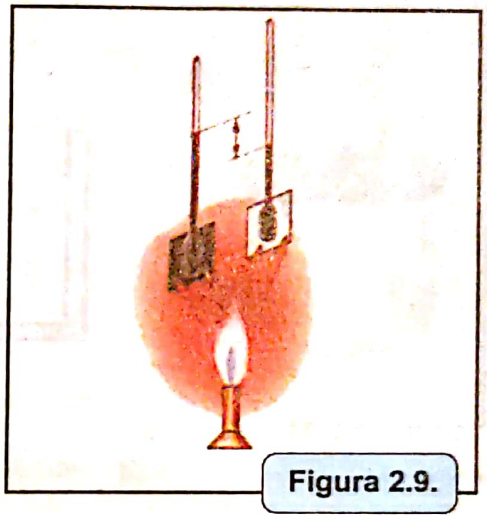


Figura 2.9.

Izolarea termică

Alimentele trebuie păstrate la temperaturi scăzute; interiorul locuințelor trebuie menținut la aproximativ 18...24°C; pentru sterilizarea instrumentarului chirurgical, acesta trebuie menținut un timp destul de lung la temperaturi de aproximativ 120...140 °C. În toate aceste cazuri trebuie micșorat cât mai mult schimbul de căldură cu mediul înconjurător. În general, variațiile mari de temperatură sunt dăunătoare atât sistemelor biologice, cât și funcționării unor aparate și dispozitive. Din acest motiv, temperaturile trebuie menținute în anumite intervale de valori. Micșorarea transferului de căldură se realizează prin **izolare termică**.

Pentru a izola termic corpurile, trebuie micșorat schimbul de căldură dintre ele și mediul înconjurător.

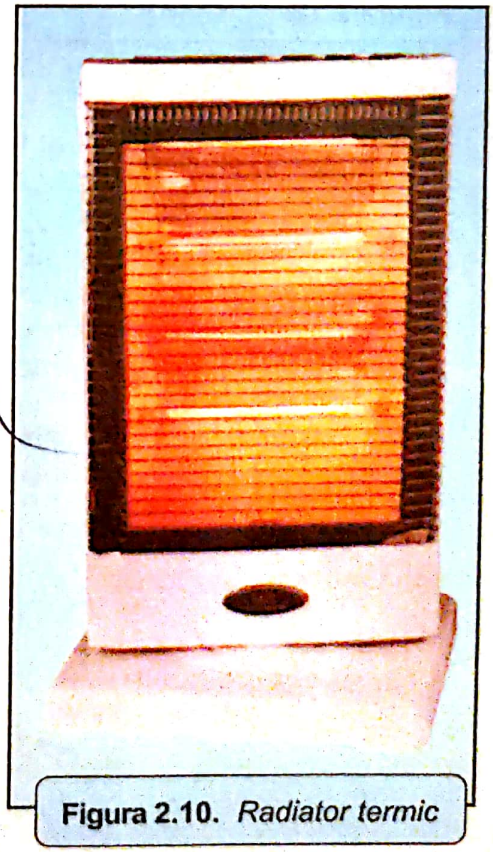


Figura 2.10. *Radiator termic*

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 2.3. *Modalităţi de izolare termică*

Tipul de transmitere a căldurii	Mijlocul de micşorare a schimbului de căldură
CONDUCŢIE	Folosirea materialelor izolatoare
CONVECŢIE	Închiderea corpurilor în incinte
RADIAŢIE	Folosirea culorilor deschise sau argintarea pereţilor incintei

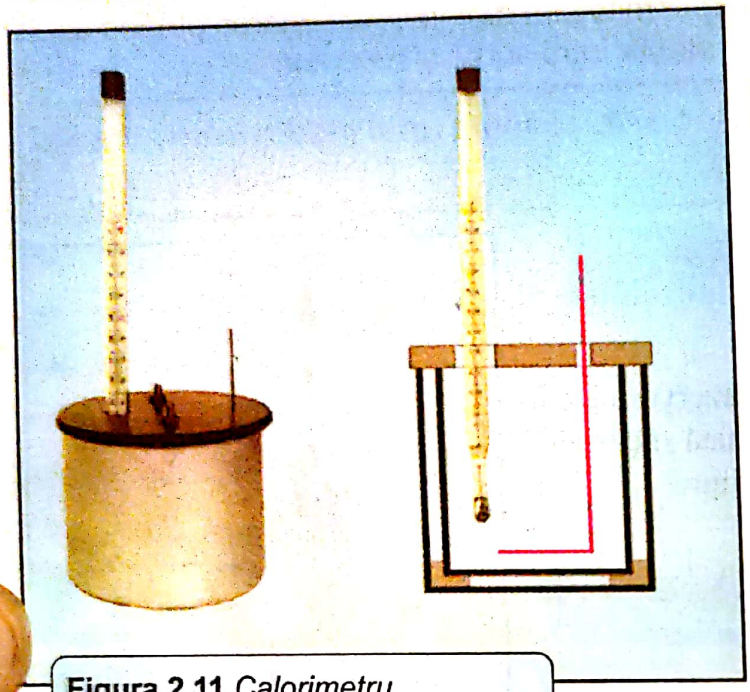


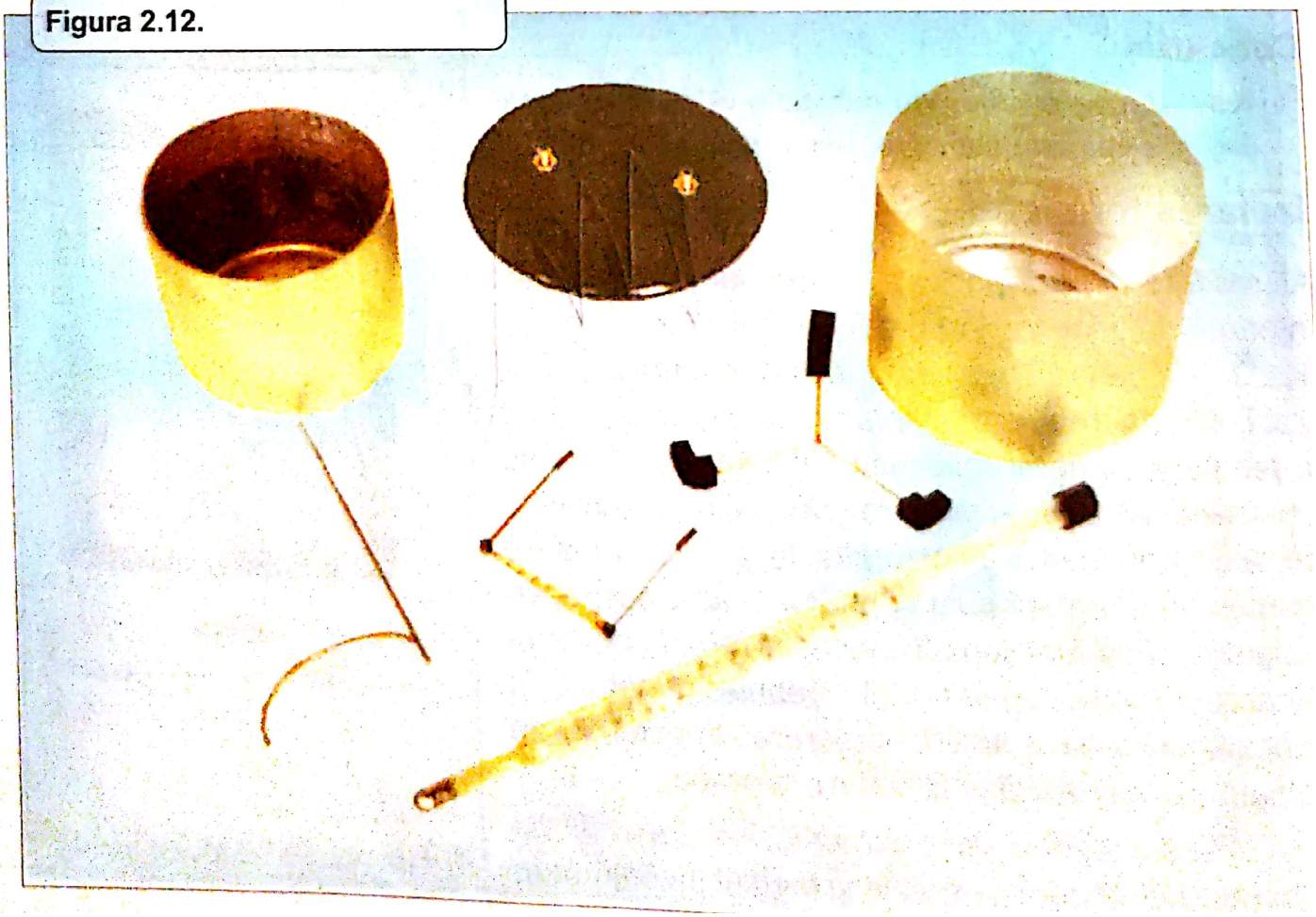
Figura 2.11. *Calorimetru. Schemă transversală*

Tema 4

Identifică pe schema alăturată elementele constructive ale calorimetrului care au rolul de a împiedica schimbul de căldură cu exteriorul prin conducţie, convecţie şi, respectiv, radiaţie.

Identifică în fotografia de mai jos elementele componente ale calorimetrului. Din ce materiale pot fi acestea confecţionate?

Figura 2.12.



Scanned with OKEN Scanner

Problemă rezolvată

Un calorimetru din aluminiu având masa $m_1 = 0{,}1$ kg conține $m_2 = 0{,}2$ kg apă cu temperatura $t_1 = 20$ °C. În calorimetru se introduce o bucată de plumb cu masa $m = 0{,}4$ kg și temperatura $t_2 = 61{,}25$ °C. Temperatura de echilibru din calorimetru este $T = 297$ K. Află căldura specifică a plumbului. Se cunosc: $c_{Al} = 920$ J/kgK și $c_{apă} = 4\,200$ J/kgK.

Rezolvare:

Exprimăm temperaturile în aceeași scară (de exemplu, Kelvin):

$$t_1 = 20\ °C \Rightarrow T_1 = 293\ K \quad \text{și} \quad t_2 = 61{,}25\ °C \Rightarrow T_2 = 334{,}25\ K.$$

Conform principiului calorimetriei:

(1) $$|Q_{cedat}| = Q_{absorbit}$$

Cedează căldură plumbul, care se răcește:

(2) $$|Q_{cedat}| = m\,c\,(T_2 - T)$$

Absorb căldură calorimetrul și apa, care se încălzesc:

(3) $$Q_{absorbit} = (m_1 c_{Al} + m_2 c_{apă})(T - T_1)$$

Înlocuind relațiile (2) și (3) în relația (1), rezultă:

$$c = \frac{(m_1 c_{Al} + m_2 c_{apă})(T - T_1)}{m(T_2 - T)}$$

Se obține:

$$c = 250\ \text{J/kgK}$$

Probleme

1. Când două corpuri puse în contact nu fac schimb de căldură?
2. De ce ferestrele sunt prevăzute cu două rânduri de geamuri?
3. Un sistem fizic este format din cinci corpuri de mărimi diferite, aflate în echilibru termic. Care dintre afirmațiile următoare este adevărată și care este falsă?
   a) Prin îndepărtarea celui mai mare corp, temperatura corpurilor rămase se micșorează.
   b) Prin îndepărtarea celui mai mic corp, temperatura corpurilor rămase se micșorează.
   c) Prin îndepărtarea celui mai mare corp, temperatura corpurilor rămase se mărește.
   d) Prin îndepărtarea celui mai mic corp, temperatura corpurilor rămase se mărește.
   e) Temperatura se micșorează dacă îndepărtăm 3 corpuri.
   f) Temperatura se mărește dacă îndepărtăm 3 corpuri.
   g) Temperatura nu se modifică dacă îndepărtăm 3 corpuri.
   h) Temperatura nu se modifică dacă îndepărtăm 4 corpuri.
4. De ce hainele de blană „țin mai cald" dacă firul blănii este mai lung?
5. Căldura eliberată de un corp din oțel care se răcește cu 1°C este suficientă pentru a încălzi un corp din aluminiu, având aceeași masă, cu 1°C? Dar invers?
6. Se amestecă trei lichide diferite, cu mase egale și căldurile specifice c_1, c_2 și, respectiv, c_3. Află căldura specifică a amestecului.
7. Se amestecă trei lichide diferite, cu volume egale și densitățile: ρ_1, ρ_2 și, respectiv, ρ_3 și căldurile specifice corespunzătoare c_1, c_2 și, respectiv, c_3. Află căldura specifică a amestecului.

Scanned with OKEN Scanner

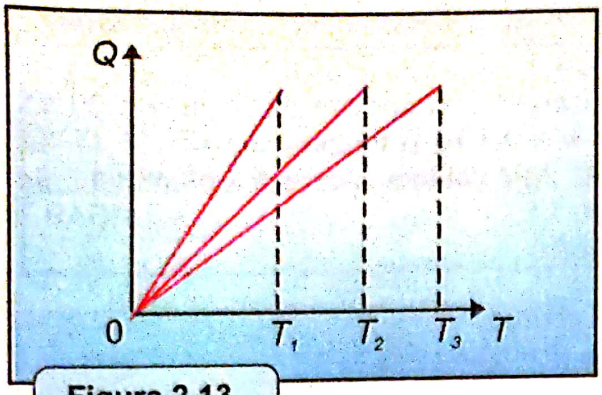


Figura 2.13.

8. Graficul dependenței căldurii absorbite de temperatura corpului pentru trei corpuri diferite aflate la aceeași temperatură inițială, este reprezentat în *figura 2.13*. Scrie relația de ordonare dintre capacitățile calorice ale celor trei corpuri.

9. Graficul dependenței căldurii absorbite de temperatura corpului, pentru trei corpuri diferite, dar de aceeași masă, aflate la aceeași temperatură inițială, este reprezentat în *figura 2.13*. Scrie relația de ordonare dintre căldurile specifice ale substanțelor din care sunt alcătuite cele trei corpuri.

10. O cutie izolată termic de mediul înconjurător conține 999 de bile metalice identice, aflate de mult timp în contact termic. Se introduce în cutie încă o bilă identică cu celelalte, aflată într-o altă stare termică. După un timp suficient de lung, care dintre afirmațiile următoare este adevărată?

a) Starea termică a sistemului nu se modifică.
b) Întotdeauna bilele aflate inițial în cutie se răcesc.
c) Starea termică a sistemului se modifică.
d) Bilele aflate inițial în cutie se pot încălzi.

11. De ce iarna este preferabil să purtăm haine de culori mai închise?

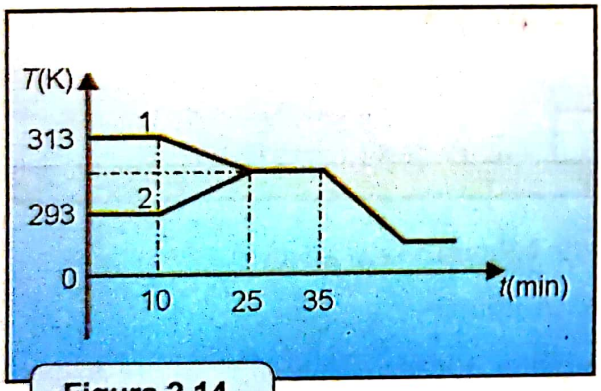


Figura 2.14.

12. Prin punerea în contact a patru corpuri cu temperaturile $T_1 < T_2 < T_3 < T_4$ se obține un sistem cu temperatura T. Care dintre relațiile următoare sunt corecte?

a) $T_1 < T < T_3$
b) $T_1 < T < T_2$
c) $T_1 < T < T_4$
d) $T_2 < T < T_4$
e) $T_3 < T < T_4$
f) $T_2 < T_3 < T$

13. Ce culori sunt indicate pentru hainele purtate vara? De ce?

14. În *figura 2.14* este indicată evoluția temperaturii unor cantități de apă aflate în trei termosuri. Analizează graficul și răspunde la următoarele întrebări:

a) În ce moment apa din termosul (1) și apa din termosul (2) au fost introduse în termosul (3)?
b) În ce raport se găseau masele de apă din cele două termosuri, (1) și (2)?
c) În ce moment cele două cantități de apă au ajuns la echilibru termic?
d) În ce moment s-a mai introdus o cantitate de apă în termosul (3)?
e) Temperatura apei introduse în final este:
- mai mare de 313 K;
- cuprinsă între 293 K și 313 K;
- mai mică decât 293 K.

15. De ce salopetele oțelarilor și ale pompierilor conțin azbest? Ce culori au aceste salopete?

16. Cum sunt izolate termic conductele de termoficare?

17. De ce în interiorul plăpumii se introduce puf sau lână?

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

18. În tabelul de mai jos sunt indicate temperaturile (exprimate în scara Celsius) a cinci corpuri

Corpul	1	2	3	4	5
Temperatură (°C)	–30	42	27	130	–20

diferite.

a) Care dintre corpuri poate fi apa dintr-o cană aflată pe masă?

b) Care vor fi temperaturile finale ale fiecărui corp, dacă fiecare este încălzit cu $\Delta t = 20°C$?

19. Pentru a obține 20 kg de apă cu temperatura de 35°C, se amestecă apă caldă, cu temperatura de 80°C și apă rece, cu temperatura de 20°C. Află masele celor două cantități de apă.

20. Se amestecă două cantități egale de apă cu temperaturile inițiale t_1 și t_2. Ce valoare are temperatura finală?

21. Se amestecă trei cantități egale de apă cu temperaturile $t_1 = 20°C$, $t_2 = 30°C$ și $t_3 = 40°C$. Care va fi temperatura finală a amestecului?

22. Un termometru etalonat greșit indică -15°C când este introdus într-un amestec de apă și gheață și 110°C când este introdus în vaporii apei care fierbe la presiune normală. Ce valoare va indica termometrul când temperatura reală este 20°C? Care este temperatura reală când termometrul indică 0°C?

23. Ce temperatură trebuie să aibă o cantitate de apă caldă care, amestecată cu 8 kg de apă rece la temperatura $T_2 = 298$ K, permite obținerea a 10 kg de apă la temperatura $T = 310$K?

24. Într-un calorimetru a cărui capacitate calorică este $C = 81{,}5$ J/K se află 100 g de apă ($c_{apă} = 4185$ J/kgK) la temperatura $t_0 = 18$ °C. Se introduce în calorimetru un corp din argint cu masa de 50 g, având temperatura inițială $t = 80$ °C ($c_{argint} = 250$ J/kgK). Ce temperatură finală se stabilește în calorimetru?

25. Se amestecă $m_1 = 0{,}1$ kg de lichid cu temperatura $t_1 = 20°C$ cu $m_2 = 0{,}2$ kg din același lichid, cu temperatura $t_2 = 80°C$. Ce cantitate din același lichid, dar cu temperatura de 60°C, turnată în amestec, nu modifică temperatura de echilibru a amestecului? Care va fi temperatura finală dacă în amestec se introduce un corp având $C = 179$ J/K și temperatura de 60°C?

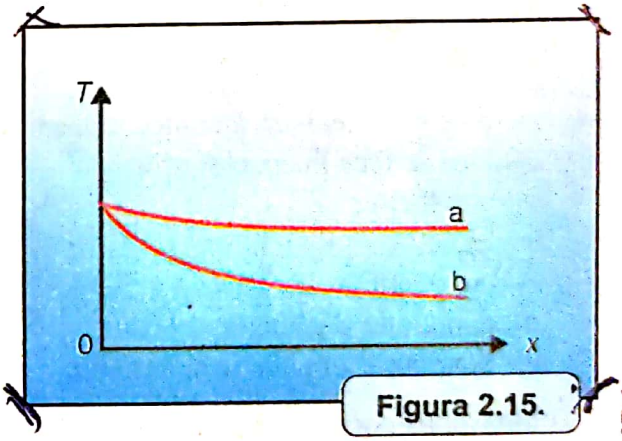


Figura 2.15.

26. Două bare, una din material plastic și alta metalică, sunt introduse cu un capăt în apă fierbinte. Identifică graficul (*figura 2.15*) care indică temperatura de-a lungul fiecărei bare ***după câteva minute*** de la introducerea în apă.

REȚINE!

Căldura	Reprezintă energia transferată între două sisteme aflate în contact termic, transferul având loc numai prin mișcarea dezordonată a moleculelor. Este o mărime fizică scalară de proces. Se măsoară în S.I. în joule (J) (unitate tolerată – caloria: 1 cal = 4,18 J)
Căldura se transmite prin:	Convecție (în fluide). Conducție (în special în solide conductoare). Radiație (la distanță, fără a fi necesară prezența unui mediu).

Hawthorne Heights-Rescue

Test

1. La aceeaşi temperatură, intervalul de timp în care se produce difuzia este cel mai scurt în starea de agregare:
   a) solidă;
   b) lichidă;
   c) gazoasă;
   d) solidă şi lichidă;
   e) este acelaşi, indiferent de starea de agregare.

2. Mişcarea browniană este mişcarea:
   a) moleculelor solidului;
   b) moleculelor gazului;
   c) moleculelor lichidului;
   d) unor particule mici;
   e) oricăror molecule.

3. Agitaţia termică reprezintă starea în care se află:
   a) numai moleculele solidului;
   b) numai moleculele gazului;
   c) numai moleculele lichidului;
   d) particulele mici;
   e) oricare molecule.

4. De-a lungul unei bare metalice, transmiterea căldurii se face în special prin:
   a) conducţie;
   b) radiaţie;
   c) convecţie;
   d) conducţie şi radiaţie;
   e) conducţie, convecţie şi radiaţie.

5. Între două corpuri aflate în vid la o distanţă oarecare între ele, căldura se transmite prin:
   a) conducţie;
   b) radiaţie;
   c) convecţie;
   d) conducţie şi radiaţie;
   e) conducţie, convecţie şi radiaţie.

6. Pentru a realiza o cât mai bună izolare termică, trebuie:
   a) să folosim materiale izolatoare;
   b) să folosim materiale izolatoare şi să introducem corpurile în incinte închise;
   c) să introducem corpurile în incinte închise;
   d) să argintăm pereţii incintei;
   e) să folosim materiale izolatoare şi să introducem corpurile în incinte închise ale căror pereţi sunt argintaţi.

Cascada 7-9: Un calorimetru având capacitatea calorică $C_1 = 164$ J/kg conţine $m = 0{,}2$ kg apă la temperatura $t_1 = 20°C$ şi având căldura specifică $c = 4\,180$ J/kg·grad.

7. Capacitatea calorică a sistemului calorimetru – apă este:
   a) 836 J/kg;
   b) 1 000 J/kg;
   c) 1 336 J/kg;
   d) 1 500 J/kg;
   e) 1 886 J/kg.

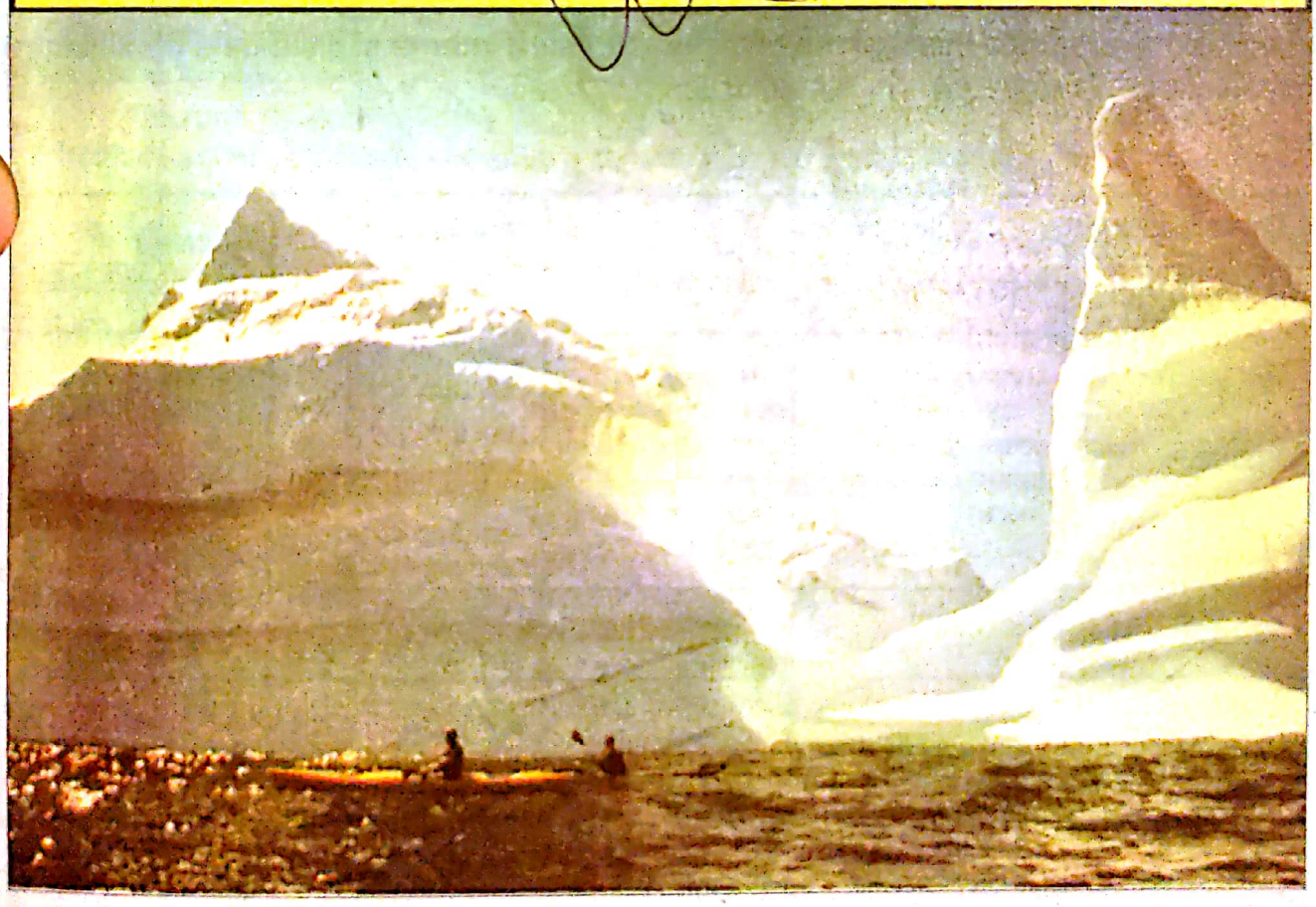
8. În calorimetru se introduce un corp având capacitatea calorică $C_2 = 500$ J/kg şi temperatura iniţială $t_2 = 80°C$. Temperatura finală în calorimetru, t_3, este:
   a) 30 °C;
   b) 40 °C;
   c) 50 °C;
   d) 60 °C;
   e) 70 °C.

9. Pentru ca temperatura finală să fie $t_4 = 60°C$, se introduc în calorimetru corpuri suplimentare, având capacitatea calorică $C_2 = 500$ J/kg şi temperatura iniţială $t_2 = 80°C$. Numărul acestor corpuri este:
   a) 1;
   b) 2;
   c) 3;
   d) 4;
   e) 5.

Scanned with OKEN Scanner

3

SCHIMBAREA STĂRII DE AGREGARE



- Călduri latente
- Topirea. Solidificarea
- Vaporizarea. Condensarea

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

3.1 Stări de agregare

După cum ştii, aceeaşi substanţă se poate afla în diferite stări de agregare. Astfel, apa, de exemplu, poate fi în stare (de agregare):

- solidă (gheaţă);
- lichidă (apă);
- gazoasă (vapori de apă).

Tabel 3.1. *Proprietăţile corpurilor în funcţie de starea de agregare în care se află.*

	Volum	Formă	Curgere
Solide	Propriu	Proprie	Nu curg
Lichide		Nu au formă proprie (iau forma incintei în care se află)	Curg (sunt fluide)
Gaze	Nu au volum propriu (sunt expansibile)		

Aceste proprietăţi sunt datorate interacţiunilor dintre moleculele corpului. Un model simplificat al stărilor de agregare, care ia în consideraţie intensitatea interacţiunilor intermoleculare, tipul mişcării moleculelor, structura internă şi distanţele medii dintre molecule este reprezentat în *tabelul 3.2.*

Tabel 3.2. *Tipul mişcării moleculelor, structura internă şi distanţele medii dintre molecule.*

Caracteristici / Stare de agregare	Interacţiuni intermoleculare	Tipul mişcării moleculelor	Structura internă a corpului	Distanţe intermoleculare
Solidă	Forţe (atracţie/ respingere) intermoleculare mari	Oscilaţie în jurul unor poziţii de echilibru (nodurile reţelei cristaline)	Ordonată şi periodică în spaţiu (poziţiile moleculelor se repetă periodic în spaţiu, formând *structura cristalină*)	De ordinul diametrului atomic/molecular
Lichidă	Forţe intermoleculare mici	Oscilaţie şi translaţie	Ordine locală instabilă în timp	
Gazoasă	Forţe intermoleculare neglijabile (nule)	Translaţie (limitată doar de pereţii incintei) şi rotaţie	Nu există aşezare ordonată	Oricât de mari

Temă

- Luând în considerare informaţiile din *tabelul 3.2*, explică proprietăţile generale din *tabelul 3.1.*
- Cum poţi proceda pentru a trece apa (din stare lichidă) în vapori? Dar pentru a o solidifica?

La presiune normală, schimbarea stării de agregare a unui corp are loc prin schimb de căldură între corp şi mediul exterior.

Schema schimbării stărilor de agregare este reprezentată în *figura 3.1*. Schimbările de stări de agregare figurate spre dreapta au loc cu absorbție de căldură, iar cele figurate prin săgeți spre stânga au loc cu cedare de căldură.

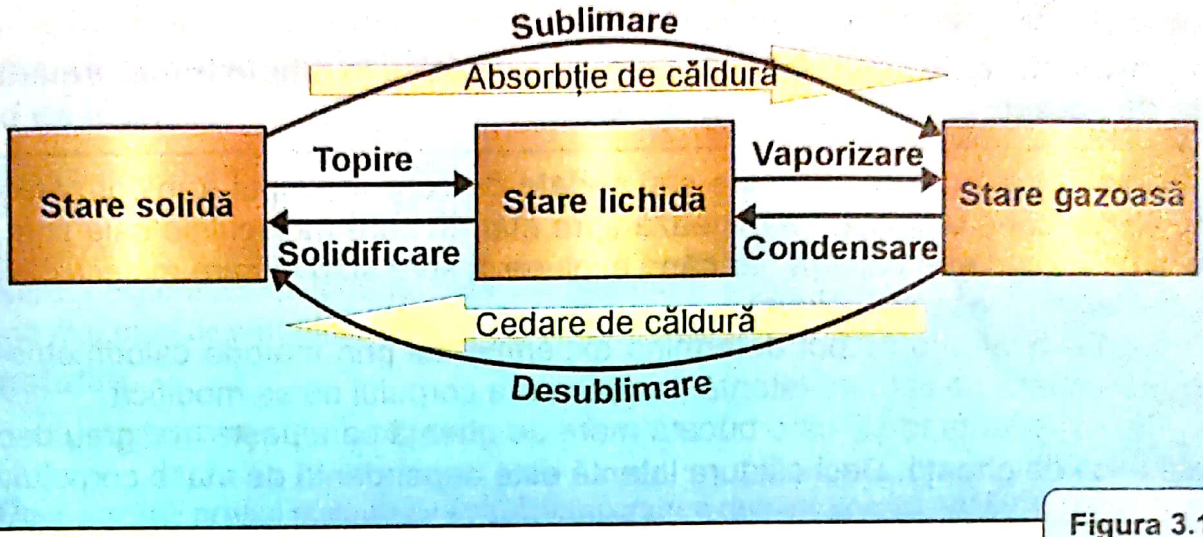


Figura 3.1

Documentar

Folosind modelul stărilor de agregare reprezentat în tabelul 3.2, putem explica schimbarea stării de agregare.

Fie un corp solid aflat la o anumită temperatură. Moleculele sale efectuează o mişcare de oscilaţie în jurul unor poziţii de echilibru, poziţii determinate de interacţiunile dintre molecule.

Prin absorbţie de căldură din exterior se modifică atât energia cinetică medie a moleculelor solidului, cât şi energia lor potenţială. Atât timp cât corpul mai rămâne în stare solidă, modificarea energiei potenţiale este mult mai mică decât modificarea energiei cinetice (variaţia relativă a volumului este foarte mică). Deci căldura absorbită contribuie la creşterea vitezelor medii ale moleculelor (creşte agitaţia termică). Acest fapt are ca urmare creşterea temperaturii corpului, căldura absorbită fiind dată relaţia:

$$Q = mc_{\text{solid}}\,(t_{\text{final}} - t_{\text{iniţial}})$$

Atunci când viteza medie a moleculelor devine suficient de mare, o parte dintre ele părăsesc nodurile reţelei cristaline, trecând de la o mişcare de oscilaţie la o mişcare de translaţie. Acest fapt are loc când energia cinetică medie a moleculelor atinge o anumită valoare, caracteristică fiecărei substanţe şi dependentă de condiţiile exterioare.

Căldura absorbită în continuare contribuie la modificarea interacţiunilor intermoleculare şi deci a tipului de mişcare a moleculelor. În timpul acestui proces, energia cinetică medie a moleculelor rămâne constantă, deci temperatura rămâne constantă.

După absorbţia întregii călduri necesare transformării de stare de agregare, solidul se transformă integral în lichid.

Absorbind în continuare căldură, lichidul îşi măreşte temperatura, fiind valabilă relaţia:

$$Q = mc_{\text{lichid}}\,(t_{\text{final}} - t_{\text{iniţial}})$$

Se constată că, pentru aceeaşi substanţă:

$$c_{\text{solid}} \neq c_{\text{lichid}}$$

Procesul invers, solidificarea, se produce asemănător, căldura fiind acum cedată de corp.

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

3.2 Călduri latente

În timpul transformării de stare de agregare se modifică energia potențială a moleculelor, modificându-se și distanțele medii dintre ele.

Căldura absorbită care determină numai variația energiei potențiale a moleculelor se numește căldură latentă.

Căldura latentă este schimbată de corp cu exteriorul în timpul transformării de stare de agregare.

Căldurile latente sunt primite sau cedate de corp în timpul transformărilor de stare. Atunci când un sistem evoluează spre stări în care moleculele sale sunt mai puțin legate, absoarbe căldură, iar când evoluează spre stări în care moleculele sale sunt mai legate, cedează căldură.

Căldurile latente se pot determina experimental prin metode calorimetrice. În timpul schimbului de căldură latentă, temperatura corpului nu se modifică.

Din experiența ta știi că o bucată mare de gheață se topește mai greu decât o bucată mică de gheață. Deci căldura latentă este dependentă de masa corpului.

Căldura latentă specifică, notată λ, este egală cu raportul dintre căldura latentă și masa corpului:

(3.1) $$\lambda = \frac{Q_{latentă}}{m}$$

$$\langle\lambda\rangle = \frac{\langle Q_{latentă}\rangle}{\langle m\rangle} = \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

Observații

1. Pentru aceeași substanță:
   $\lambda_{topire} = \lambda_{solidificare}$
   și
   $\lambda_{vaporizare} = \lambda_{condensare}$
   dar
   $\lambda_{topire} \neq \lambda_{vaporizare}$
2. Căldurile latente specifice sunt constante de material.
3. Căldurile latente se calculează după relația:
   $Q = m\lambda$

Pentru simplificarea exprimării, de multe ori, în probleme, în loc de căldură latentă specifică se folosește termenul „căldură latentă". În situațiile în care apar astfel de confuzii, identificarea mărimilor se poate face după unitatea de măsură.

3.3 Topirea. Solidificarea

Experimentul 1

Ai la dispoziție:

Stativ, eprubetă în care se găsește o cantitate de naftalină în stare solidă, termometru, bec de gaz.

Mod de lucru

- Aranjează corpurile ca în *figura 3.2.*
- Aprinde gazul și înregistrează evoluția temperaturii în timp.
- Repetă experimentul folosind cantități mai mari sau mai mici de naftalină.

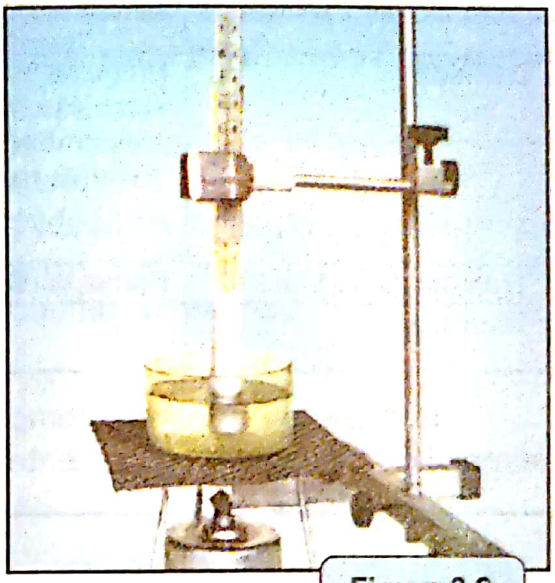


Figura 3.2.

Constatări

- Până la începerea topirii, temperatura substanței crește.
- După apariția primei picături de lichid, temperatura rămâne constantă (80°C) până la topirea întregii cantități de solid.
- Pentru aceeași substanță, temperatura de topire este aceeași, indiferent de masa corpului solid.
- După topirea completă, temperatura lichidului crește dacă i se furnizează în continuare căldură.

Concluzii

- Topirea unui solid se produce la o anumită temperatură, numită **temperatură de topire**.
- Pe toată durata topirii, temperatura amestecului solid-lichid rămâne constantă.

Experimentul 2

Ai la dispoziție:

Stativ, eprubetă în care se găsește o cantitate de naftalină în stare solidă, termometru, bec de gaz.

Mod de lucru

- După aducerea lichidului la o temperatură superioară celei de topire (experimentul 1), stinge gazul și înregistrează temperatura naftalinei lichide.
- Reprezintă grafic dependența de timp a temperaturii naftalinei.

Constatări

- Temperatura naftalinei scade în timp.
- După apariția primului cristal de naftalină, temperatura rămâne constantă (79°C) până la solidificarea întregii cantități de lichid.
- Pentru aceeași substanță, temperatura de solidificare este egală cu temperatura de topire (în aceleași condiții de presiune).
- Temperatura corpului obținut prin solidificare scade.

Concluzii

- Solidificarea unui lichid se produce la o anumită temperatură.
- În tot timpul solidificării, temperatura amestecului solid-lichid rămâne constantă.

Scanned with OKEN Scanner

Pentru aceeaşi substanţă, temperatura de solidificare este egală cu temperatura de topire (la aceeaşi presiune).

	Topire	Solidificare
Definiţie	Procesul de trecere a substanţei *din stare solidă în stare lichidă*, la temperatură bine determinată, se numeşte **topire**.	Procesul de trecere a substanţei *din stare lichidă în stare solidă*, la temperatură bine determinată, se numeşte **solidificare**.
Transfer de căldură	Primeşte căldură.	Cedează căldură.
Temperaturi	$T_{topire} = T_{solidificare}$	

Graficele de variaţie a temperaturii în funcţie de timp în procesele de topire, respectiv solidificare sunt prezentate în figurile 3.3 şi 3.4.

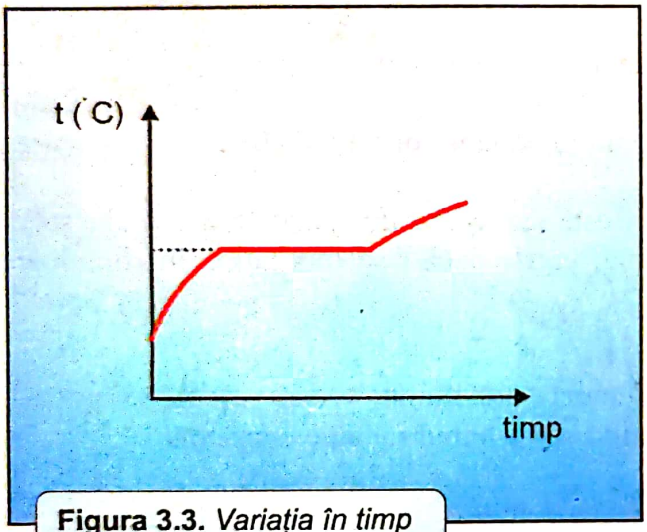


Figura 3.3. *Variaţia în timp a temperaturii la topire*

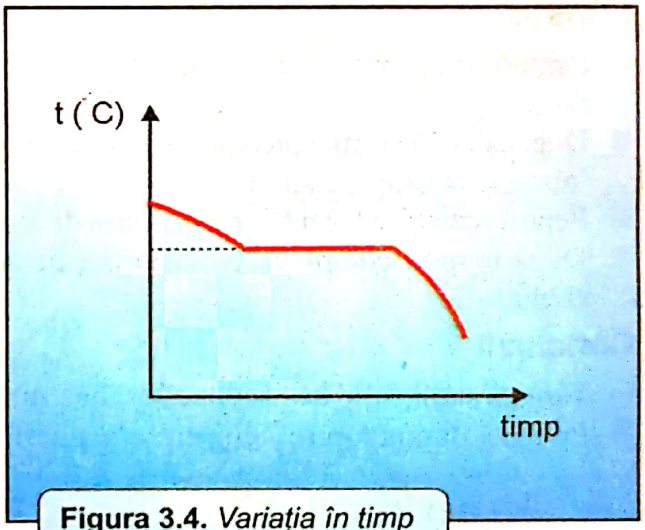


Figura 3.4. *Variaţia în timp a temperaturii la solidificare*

Teme

1. Priveşte graficele din *figurile 3.3* şi *3.4*. În timpul încălzirii/răcirii unui corp, temperatura sa nu variază liniar în timp. Explică de ce.
2. Cum ar trebui să procedezi pentru a determina (de pe grafic), cu precizie cât mai mare, temperatura de topire a unui corp?

Observaţii

- Temperatura de topire depinde de presiune. În general, temperatura de topire creşte la creşterea presiunii.
- La unele substanţe (apă, fontă, bismut etc.), temperatura de topire scade la creşterea presiunii.

Scanned with OKEN Scanner

3.4 Vaporizarea. Condensarea

Procesul de trecere a substanței din stare lichidă în stare de vapori se numește vaporizare.

Vaporizarea se produce cu absorbție de căldură.

Vaporizarea care se produce la suprafața lichidului se numește **evaporare**.

Din experiența cotidiană știi că există lichide (acetonă, eter, neofalină, alcool) care se evaporă repede la temperatura camerei. Acestea se numesc **lichide volatile**.

Temă: Dă exemple de alte lichide volatile.

Experimentul 3

Pune pe mână o picătură de acetonă. Ce observi? Ce simți?

Constatări

- Lichidul se evaporă.
- În timpul evaporării, ai o senzație de rece în zona de contact mână – lichid.

Experimentul 4

Toarnă același volum (circa 20 ml) de acetonă sau de eter în două vase diferite: într-un cilindru cu diametrul de 3...4 cm și într-o farfurie.

Constatare

- Lichidul din farfurie se evaporă mai repede.

Experimentul 5

Toarnă același volum (circa 20 ml) de acetonă, de alcool și de apă în trei vase identice (trei farfurii).

Constatare

- Alcoolul se evaporă mai repede decât apa, dar mai încet decât acetona.

Concluzii

- Viteza de evaporare a unui lichid depinde de suprafața liberă a lichidului și de natura acestuia.

Explicație

În mișcarea lor continuă și dezordonată, moleculele lichidului se ciocnesc între ele. În urma ciocnirilor, o parte dintre molecule ajung la viteze suficient de mari pentru a putea învinge forțele de atracție exercitate de celelalte molecule ale lichidului și părăsesc lichidul. Totalitatea lor formează **vaporii**. O parte din aceștia rămân în apropierea lichidului.

Dintre moleculele rămase în apropiere, datorită agitației termice, o parte „nimeresc" suprafața lichidului, ceea ce determină ca viteza de evaporare efectivă să fie micșorată.

Teme

1. De ce, pentru a îndepărta mai repede spirtul de pe o rană, sufli asupra zonei respective?
2. Când se usucă mai repede rufele: când bate vântul sau când nu există curenți de aer? De ce?

Scanned with OKEN Scanner

Prin vaporizare, în interiorul lichidului rămân molecule cu viteze mai mici, deci cu energii cinetice medii mai mici. Temperatura lichidului scade în timpul vaporizării. Energia necesară pentru continuarea vaporizării este primită din exterior (mediul înconjurător are o temperatură mai mare decât lichidul). Se explică astfel senzația de rece pe care o ai când se vaporizează un lichid aflat în contact cu o parte a corpului.

Experimentul 6

Temă: Descrie fierberea apei dintr-un vas.

Urmărește experimentul ilustrat în *figura 3.5.*

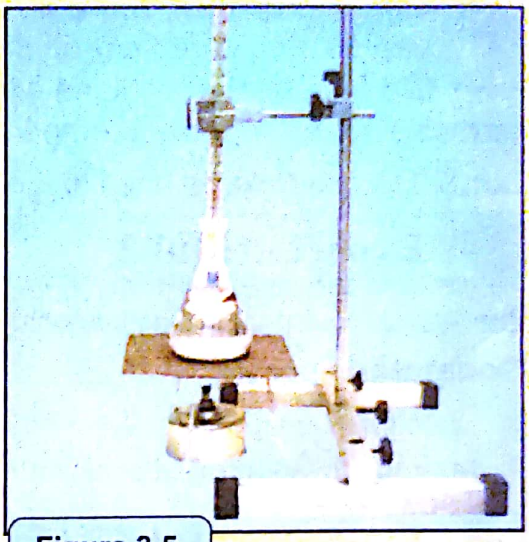


Figura 3.5.

Constatări

- Se observă formarea unor mici bule ce conțin aer și vapori de apă, lipite de pereții vasului.
- Când temperatura crește, bulele își măresc volumul și se desprind de pereții vasului.
- Ajungând la suprafață, bulele se sparg (lichidul „cântă"), eliberând vaporii.
- În tot timpul fierberii, temperatura rămâne constantă (≅100°C).

Concluzii

- Fierberea reprezintă vaporizarea unui lichid în tot volumul lui (sunt transportați spre suprafață vapori de la orice nivel din interiorul lichidului).
- La aceeași presiune, fierberea are loc la o temperatură numită temperatură de fierbere.
- În tot timpul fierberii, temperatura rămâne constantă.

Observații

- Pentru o substanță dată, temperatura de fierbere depinde de presiune. Mărind presiunea, temperatura de fierbere se mărește. Acest fapt este folosit, de exemplu, la sterilizarea instrumentarului chirurgical în incinte închise, unde apa fierbe la temperaturi de 120...140°C.
- Temperatura de fierbere, la aceeași presiune, diferă de la o substanță la alta. Ea este o constantă ce depinde de natura lichidului.

Dacă introduci în cameră un obiect rece, acesta se abureşte (se acoperă cu un strat de apă provenită din condensarea vaporilor de apă existenți în aerul din cameră). Stratul de lichid dispare repede datorită încălzirii corpului, care absoarbe căldura latentă cedată de vaporii ce se condensează.

Dacă în bucătărie fierbe apă într-un vas, pe geamul ferestrei închise se depune un strat subțire de lichid, datorat condensării vaporilor.

Procesul de trecere a substanței din stare de vapori în stare lichidă se numește condensare.

Condensarea se produce cu cedare de căldură.

Scanned with OKEN Scanner

Documentar

Experimentul 7

Încălzeşte uşor o bucată de iod solid (sau câteva cristale de iod) într-o eprubetă (*figura 3.6*).

Constatare

- Eprubeta se umple de vapori violeţi de iod.

Concluzie

- Absorbind căldură, iodul trece direct din starea solidă în starea gazoasă.

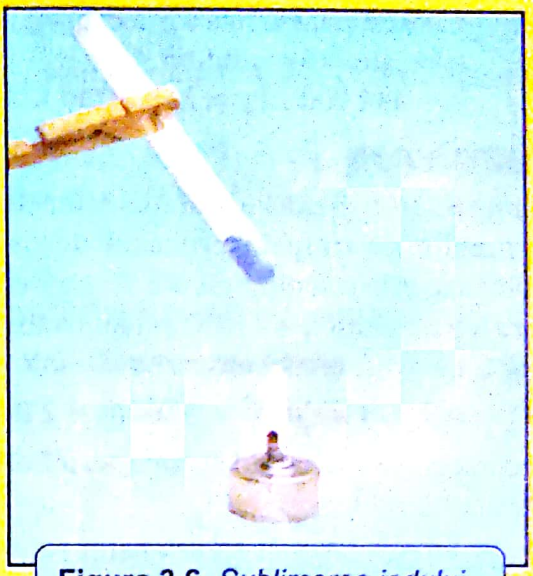


Figura 3.6. *Sublimarea iodului*

Transformarea directă a unui solid în gaz, fără a trece prin starea lichidă, se numeşte **sublimare**.

Sublimarea are loc cu absorbţie de căldură.

Alte substanţe care pot sublima sunt: camforul, sulful, naftalina.

Este de remarcat sublimarea lentă a tungstenului (substanţă ce intră în alcătuirea filamentelor becurilor electrice) la temperatura de funcţionare a becului electric. O parte dintre atomii care alcătuiesc filamentul, la temperatura de funcţionare (< 2 000°C), au suficientă energie pentru a părăsi metalul. Ei se depun pe balonul de sticlă (aflat la temperatură mai mică). Astfel, în timp, diametrul firului filamentului scade. În locurile în care scăderea diametrului firului este mai mare, temperatura devine, în timpul funcţionării, mai mare. Acest proces este principalul „vinovat" de „arderea" becurilor electrice.

Pentru un corp dat, căldura latentă de sublimare este egală cu suma dintre căldura latentă de topire şi căldura latentă de vaporizare.

Procesul invers sublimării se numeşte **desublimare**.

Teme

1. Defineşte desublimarea, indică sensul schimbului de căldură în acest caz şi precizează valoarea căldurii latente specifice de desublimare.
2. Dă câteva exemple din activitatea cotidiană în care se manifestă procese de desublimare.
3. Ai observat că, pe timp de iarnă, hainele puse la uscat afară, deşi îngheaţă, până la urmă se usucă. Care este procesul prin care are loc uscarea hainelor, în aceste condiţii?
4. Sublimarea este specifică numai anumitor substanţe? Răspunde la întrebare căutând exemple în activitatea cotidiană.

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

Probleme rezolvate

1. Care este starea finală a unei mase de 0,1 kg de gheaţă, aflată iniţial la temperatura $t_1 = -10°C$, care absoarbe căldura $Q = 189\ 990$ J? Se cunosc: $c_g = 2\ 090$ J/kgK, $c_a = 4\ 200$ J/kgK, $\lambda_t = 334\ 000$ J/kg şi $\lambda_v = 2\ 250$ kJ/kg.

Rezolvare

Reprezentarea grafică a variaţiei temperaturii în funcţie de timp în procesul descris în problemă, este cea din *figura 3.7.*

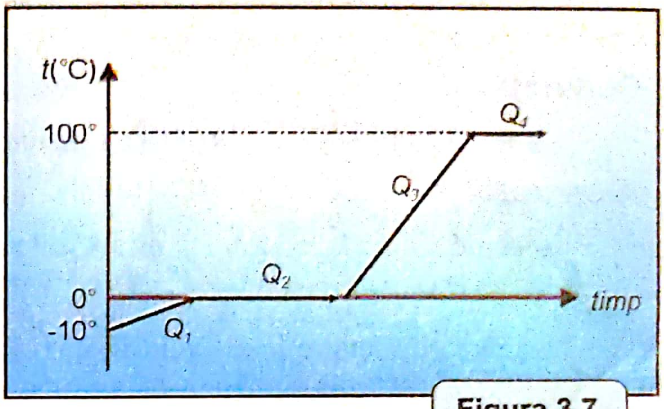


Figura 3.7.

Între temperatura $t_1 = -10°C$ şi temperatura de topire, $t_t = 0°C$, corpul absoarbe căldura:

$$Q_1 = mc_g(t_t - t_1) \Rightarrow Q_1 = 2\ 090 \text{ J}$$

Deoarece $Q_1 < Q$, corpul se topeşte, absorbind căldura latentă:

$$Q_2 = m\lambda_t \Rightarrow Q_2 = 33\ 400 \text{ J şi}$$
$$Q_1 + Q_2 = 35\ 490 \text{ J}$$

Deoarece $Q_1 + Q_2 < Q$, corpul absoarbe, între temperaturile $t_t = 0°C$ şi $t_f = 100°C$, căldura:

$$Q_3 = mc_a(t_f - t_t) \Rightarrow Q_3 = 42\ 000 \text{ J}. \quad \text{Deci: } Q_1 + Q_2 + Q_3 = 77\ 490 \text{ J}.$$

Deoarece $Q_1 + Q_2 + Q_3 < Q$, pentru a se vaporiza în întregime, corpul absoarbe căldura latentă:

$$Q_4 = m\lambda_v \Rightarrow Q_4 = 225\ 000 \text{ J şi } Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 302\ 490 \text{ J}$$

Dar $Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 > Q > Q_1 + Q_2 + Q_3$. Deci corpul nu se vaporizează în întregime.
Se obţine deci un amestec de vapori şi apă, a cărui temperatură finală este temperatura de fierbere.
Putem afla masa de apă şi masa de vapori în stare finală.
Căldura $Q - (Q_1 + Q_2 + Q_3) = Q_0 = 112\ 500$ J este folosită pentru a vaporiza masa m_v.

$$Q_0 = m_v\lambda_v \Rightarrow m_v = \frac{Q_0}{\lambda_v} \quad m_v = 0{,}05 \text{ kg}.$$

Amestecul final conţine 0,05 kg apă şi 0,05 kg vapori.

2. Ce masă de spirt consumă o lampă al cărei randament este $\eta = 60\ \%$, pentru a vaporiza $m = 200$ g de apă aflată la temperatura iniţială $t_1 = 20°C$? Se cunosc: $c = 4\ 200 \dfrac{\text{J}}{\text{kgK}}$, $\lambda_v = 2\ 250 \dfrac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ şi puterea calorică a spirtului $q = 24 \dfrac{\text{MJ}}{\text{kg}}$.

Rezolvare

$$\eta = \frac{Q_{util}}{Q_{consumat}}; \quad Q_{util} = Q_1 + Q_2$$

$Q_1 = mc(t_{fierbere} - t_1)$; Q_1 reprezintă căldura necesară încălzirii apei până la temperatura de fierbere.
$Q_2 = m\lambda_v$; Q_2 reprezintă căldura necesară vaporizării apei.
$Q_{consumat} = m_{spirt}q$; Q reprezintă căldura consumată prin arderea combustibilului.

$$\eta = \frac{m\left[c\left(t_{fierbere} - t_1\right) + \lambda_v\right]}{m_{spirt}q} \text{ şi } m_{spirt} = \frac{m\left[c\left(t_{fierbere} - t_1\right) + \lambda_v\right]}{\eta q} \Rightarrow m_{spirt} = 36 \text{ g}$$

Probleme

1. Ce căldură este necesară pentru a topi 1 kg de gheaţă?
2. Ce masă de plumb, aflată la temperatura de topire, poate fi topită folosind căldura eliberată prin îngheţarea unui kg de apă aflată la 0°C?
3. Într-un pahar ce conţine $m_1 = 200$ g de apă la temperatura $t_1 = 25°C$ se introduce un cub de gheaţă de masă $m_2 = 10$ g, aflat la temperatura de topire. Care va fi temperatura finală? Se cunosc: $c_a = 4\,200 \frac{J}{kgK}$, $\lambda_t = 334\,000 \frac{J}{kg}$.
4. Cum procedezi pentru a „usca" mai repede o farfurie în care se află o cantitate de alcool?
5. De ce recipientele ce conţin parfum au o deschidere de diametru foarte mic?
6. De ce, când intri iarna într-o cameră, venind de afară, ţi se aburesc lentilele ochelarilor?
7. Explică de ce alimentele „se fierb" într-un timp mai scurt în „oala minune" (oală de fiert sub presiune).
8. Pentru a separa lichidele dintr-un amestec se foloseşte dispozitivul din *figura 3.8*. În balon se află amestecul de lichide, care este încălzit. Vaporii trec prin serpentina rece, unde se condensează. Procedeul se numeşte distilare. Pe ce proprietăţi ale fierberii se bazează distilarea?
9. De ce, atunci când te speli cu spirt şi îţi scuturi mâinile, uscarea are loc mai rapid?
10. Cum trebuie lăsată o umbrelă pentru a se usca mai repede? De ce?
11. Dacă nu ai sugativă, cum procedezi pentru ca cerneala să se usuce mai repede?
12. Explică de ce, în timpul verii, se stropeşte asfaltul din faţa uşilor.
13. Cum identifici, fără a atinge ţevile, prin care ţeavă trece apă caldă şi prin care trece apă rece?
14. Apa fierbe la aceeaşi temperatură pe vârful a doi munţi de înălţimi diferite? De ce?
15. Ce consecinţe are faptul că apa are căldura specifică şi căldura latentă foarte mari?
16. În nori, apa rămâne în stare lichidă la temperaturi inferioare lui 0°C? De ce?
17. Poate fi adus la fierbere mercurul introdus în apa dintr-un vas care este încălzit?
18. Un autoturism proaspăt spălat se usucă mai repede când se află în repaus sau când se află în mişcare? De ce?

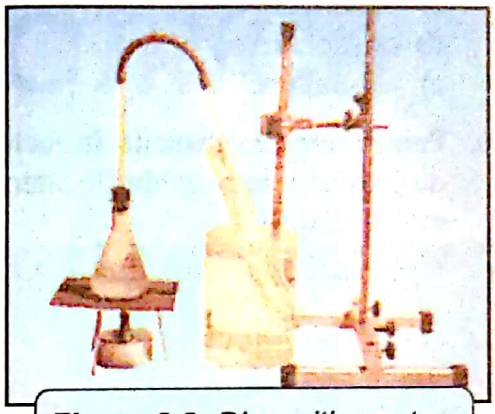


Figura 3.8. *Dispozitiv pentru distilare*

REŢINE!

Căldura latentă este schimbată de corpuri cu exteriorul în timpul schimbărilor de stare de agregare.
În timpul schimbărilor de stare de agregare, temperatura rămâne constantă (la presiune constantă).
Căldurile latente specifice sunt constante de material.
Topirea, vaporizarea şi sublimarea sunt procese ce au loc cu absorbţie de căldură.
Solidificarea, condensarea şi desublimarea sunt procese ce au loc cu cedare de căldură.

Scanned with OKEN Scanner

Test

1. Care dintre următoarele procese au loc cu absorbție de căldură?
   a) topirea;
   b) solidificarea;
   c) vaporizarea;
   d) condensarea;
   e) sublimarea.

2. Care dintre următoarele procese au loc cu cedare de căldură?
   a) topirea;
   b) solidificarea;
   c) vaporizarea;
   d) condensarea;
   e) sublimarea.

3. Pentru aceeaşi substanţă, în aceleaşi condiţii de presiune, între căldurile latente specifice există relaţiile:
   a) $\lambda_{topire} \neq \lambda_{vaporizare}$;
   b) $\lambda_{topire} = \lambda_{vaporizare}$;
   c) $\lambda_{topire} \neq \lambda_{solidificare}$;
   d) $\lambda_{topire} = \lambda_{solidificare}$;
   e) $\lambda_{condensare} \neq \lambda_{vaporizare}$.

4. Căldura latentă specifică nu depinde:
   a) de natura substanței;
   b) de masa corpului;
   c) de căldura absorbită;
   d) de căldura cedată;
   e) de procesul fizic.

5. Unitatea de măsură pentru căldura latentă este:
   a) J/kg;
   b) kJ/kg;
   c) MJ/kg;
   d) J;
   e) aceeaşi ca şi pentru puterea calorică.

6. Căldura cedată prin solidificarea a 1,1 kg de fier poate topi:
   a) 1,1 kg de apă;
   b) 1 kg de apă;
   c) 0,9 kg de apă;
   d) 9 kg de apă;
   e) 11 kg de apă;
   (căldurile latente specifice de topire pentru fier şi, respectiv, apă sunt: $\lambda_{fier} = 270$ kJ/kg, $\lambda_{apă} = 330$ kJ/kg).

Cascada 7 - 9: În *figura 3.9* este reprezentată variația în timp a temperaturii unei mase $m = 10$ g de vapori de apă.
Se cunosc: $c_g = 2\,090$ J/kgK,
$c_a = 4\,200$ J/kgK,
$\lambda_t = 334\,000$ J/kg,
$\lambda_v = 2\,250$ kJ/kg.

7. Căldura cedată pentru a transforma vaporii în apă la $t_1 = 0$°C este:

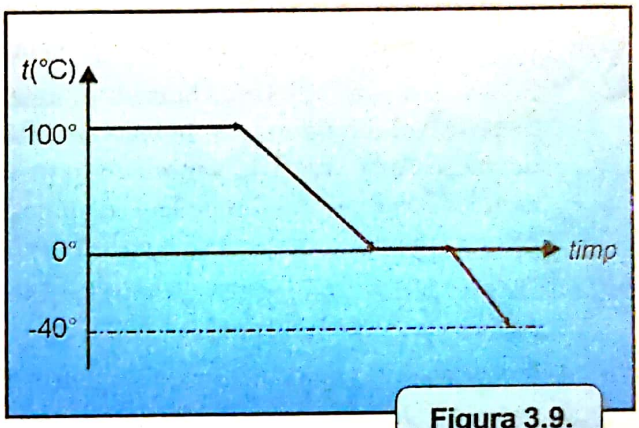


Figura 3.9.

   a) 2 250 J;
   b) 26 700 J;
   c) 30 040 J;
   d) 30 876 J;
   e) 32 130 J.

8. Căldura cedată pentru a transforma vaporii în gheață la $t_1 = 0$°C este:
   a) 2 250 J;
   b) 26 700 J;
   c) 30 040 J;
   d) 30 876 J;
   e) 32 130 J.

9. Căldura cedată pentru a transforma vaporii în gheață la $t_2 = -40$°C este:
   a) 2 250 J;
   b) 26 700 J;
   c) 30 040 J;
   d) 30 876 J;
   e) 32 130 J.

Scanned with OKEN Scanner

4

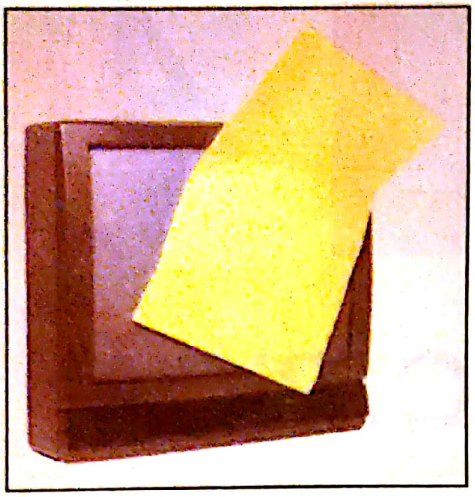
SARCINA ELECTRICĂ

- Electrizarea corpurilor
- Curentul electric

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

4.1 Metode de electrizare



Câteodată, în timp ce dezbraci un pulover din material sintetic se întâmplă să auzi pocnete slabe, însoțite de scântei (observabile într-o cameră întunecată). La pieptănarea părului proaspăt spălat cu un pieptene din material plastic se petrec lucruri asemănătoare.

Dacă ai atins caroseria unui autovehicul imediat după oprirea acestuia, ai simțit, probabil, o mică descărcare electrică.

Ai observat că pe ecranul unui televizor se așterne mai mult praf decât pe corpurile din apropierea acestuia? Sau că ecranul atrage o foaie de hârtie atunci când televizorul funcționează?

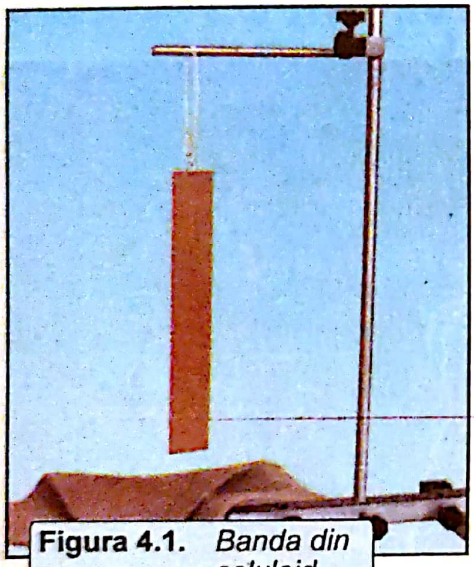


Figura 4.1. *Banda din celuloid*

Experimentul 1

Materiale necesare

O bucată de postav şi o bandă din celuloid agățată de un suport (*figura 4.1*).

Mod de lucru

- Apropie bucata de postav de banda din celuloid.
- Freacă banda din celuloid cu bucata de postav fără să atingi apoi cu mâna porțiunile frecate.
- Apropie din nou bucata de postav de banda din celuloid (fără a o atinge însă). Ce observi?

Constatări

- Între cele două corpuri apare o atracție numai după ce banda din celuloid a fost frecată (*figura 4.2*).
- Mărimea unghiului de deviere depinde de:
  a) cât de „intens" a fost frecată banda din celuloid;
  b) distanța la care este apropiată bucata de postav (la distanțe mai mici, devierea este mai mare).

Concluzii

- Prin frecare, cele două corpuri (bucata de stofă şi banda din celuloid) dobândesc caracteristica de a interacționa prin forțe de atracție.
- Forțele de interacțiune depind de distanța la care se află corpurile, precum şi de cât de „intens" a fost frecată banda din celuloid.

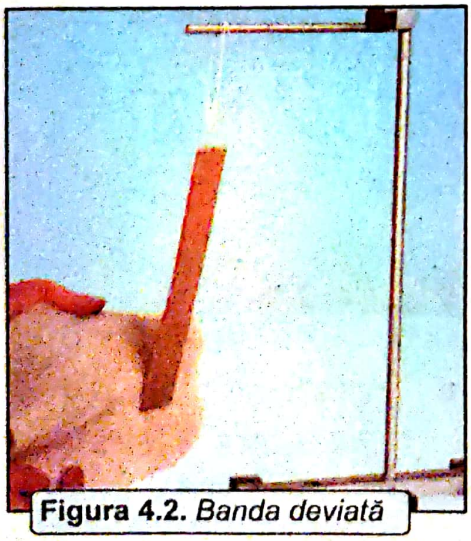


Figura 4.2. *Banda deviată*

Experimentul 2

Materiale necesare

O bucată de postav şi două benzi din celofan (2 cm × 10 cm).

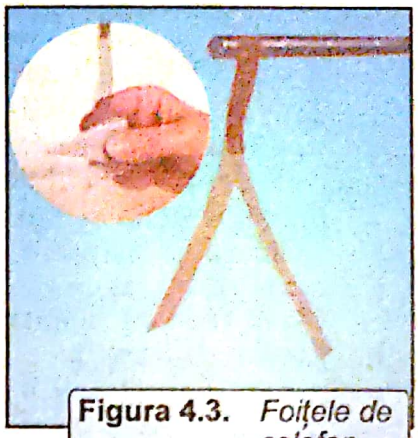


Figura 4.3. *Foiţele de celofan*

Mod de lucru

- Aşază cele două benzi una peste alta şi ţine-le cu o mână de un capăt. Freacă-le (de-a lungul lor) cu bucata de postav (*figura 4.3, medalion*). Ce observi?
- Repetă experimentul, frecând mai intens celofanul.
- Apropie bucata de postav de benzile de celofan. Ce observi?

Constatări

- După frecare, cele două benzi de celofan se resping (*figura 4.3*).
- Unghiul dintre benzi este mai mare atunci când celofanul a fost frecat mai „intens".
- Unghiul de deviere descreşte lent în timp.
- După ce au fost frecate, benzile de celofan sunt atrase de bucata de postav.

Concluzii

- Prin frecare cu bucata de postav, cele două benzi de celofan dobândesc proprietatea de a interacţiona între ele prin forţe de respingere, iar cu bucata de postav – prin forţe de atracţie.
- Mărimea forţelor de interacţiune depinde de cât de „intens" au fost frecate benzile.

O primă concluzie generală care rezultă din *experimentele 1* şi *2* este că ***prin frecare*** se modifică o proprietate a corpurilor, ceea ce determină apariţia forţelor de atracţie sau de respingere reciprocă. Această modificare a stării corpurilor a fost denumită ***electrizare***, iar proprietatea fizică ce se modifică – ***stare de electrizare***.

Mărimea fizică ce constituie o măsură a stării de electrizare a fost numită ***sarcină electrică***. Corpurile care au suferit un proces de electrizare sunt numite ***corpuri electrizate*** sau ***corpuri încărcate cu sarcină electrică***.

Din *experimentul 2* rezultă că dacă prin electrizare sarcina electrică se modifică în acelaşi fel (foiţele din celofan au fost supuse aceleiaşi acţiuni), atunci forţele sunt de respingere, iar din ambele experimente rezultă că forţele sunt de atracţie atunci când este vorba de corpuri a căror sarcină electrică se modifică diferit.

Numeroase experimente realizate în secolul al XVIII-lea au condus la următoarele concluzii:

- Există doar *două* tipuri de sarcină electrică.
- Acestor tipuri de sarcină electrică li se pot atribui valori ***pozitive***, respectiv ***negative***.

Sarcina electrică se notează cu simbolul ***q*** (sau ***Q***). Unitatea de măsură pentru sarcină electrică se numeşte ***coulomb***, iar ecuaţia unităţii de măsură este:

$$\langle q \rangle = C$$

Un corp de dimensiuni obişnuite, electrizat prin frecare, se încarcă cu o sarcină electrică mult mai mică decât 1 *C*, de ordinul $10^{-12}...10^{-6}$ *C*.

Scanned with OKEN Scanner

Documentar

Prin **convenție** s-a atribuit semnul:

- \+ (plus) tipului de sarcină care apare pe un corp din sticlă, dacă este frecat cu o bucată de mătase (sarcină numită cândva „sarcină sticloasă");
- – (minus) tipului de sarcină care apare pe un corp din ebonită, dacă este frecat cu o bucată de blană (sarcină numită cândva „sarcină rășinoasă").

Pentru a stabili semnul sarcinii unui corp electrizat se poate analiza orientarea forțelor de interacțiune dintre acesta și un alt corp din ebonită sau din sticlă,.electrizat.

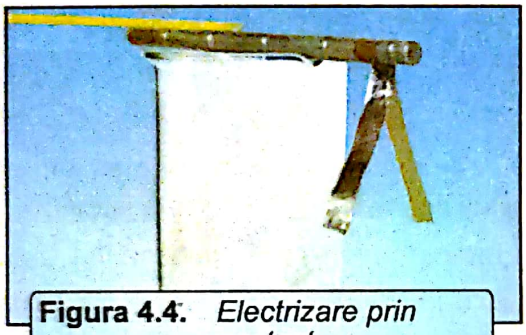


Figura 4.4. *Electrizare prin contact*

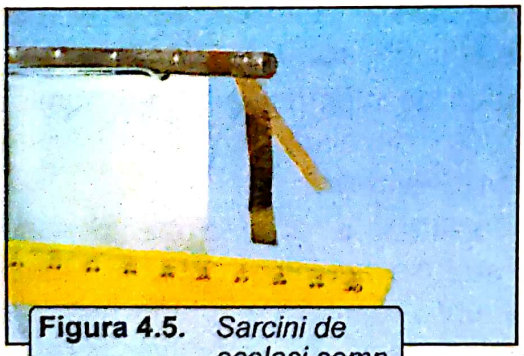


Figura 4.5. *Sarcini de același semn*

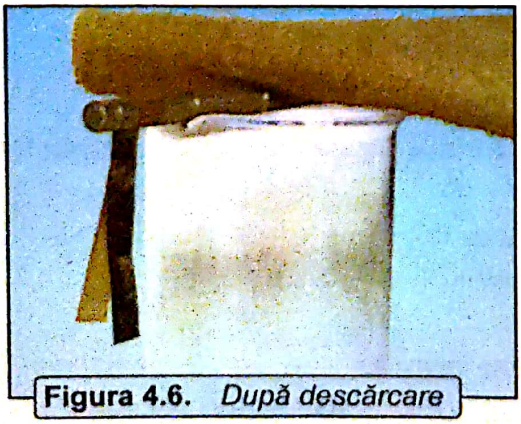


Figura 4.6. *După descărcare*

Experimentul 3

Materiale necesare

O bucată de stofă, o bandă din celuloid, două foițe (benzi) din staniol, o bucată de bandă adezivă (sau etichetă autocolantă) și o tijă metalică cu lungimea de 20 ... 40 cm, prinsă într-un suport din material plastic sau lemn.

Mod de lucru

- Agață cu ajutorul benzii adezive cele două panglici din staniol la un capăt al tijei (astfel încât să fie în contact cu tija).
- Freacă banda din celuloid cu bucata de postav.
- Atinge cu banda din celuloid (dar nu și cu mâna!) tija metalică la capătul opus celui la care sunt agățate panglicile din staniol. Ce observi?
- Apropie banda din celuloid de foițele din staniol. Ce observi?
- Atinge cu bucata de postav (dar nu și cu mâna!) tija metalică. Ce observi?

Constatări

- După realizarea contactului bandă – tijă, foițele din staniol se resping (*figura 4.4*).
- Apropiind banda din celuloid de foițele din staniol, acestea sunt respinse (*figura 4.5*).
- După ce se atinge tija și cu bucata de postav, unghiul de deviere a foițelor scade (*figura 4.6*).

Concluzii

- Prin frecare, banda din celuloid și bucata de postav se electrizează (se încarcă) cu sarcini de semne contrare.
- Prin contactul dintre bandă și tija metalică, foițele din staniol se electrizează (se încarcă) cu sarcini de același semn cu cele existente pe bandă. Această metodă de electrizare este numită ***electrizare prin contact***.
- Prin contactul dintre tijă și bucata de postav (corpuri încărcate cu sarcini de semn contrar), cele două corpuri se ***descarcă*** (parțial): modulele sarcinilor electrice scad.

Scanned with OKEN Scanner

Experimentul 4

Materiale necesare

Aceleaşi elemente ca la *experimentul 3*, tija fiind în contact la un capăt cu un disc sau cu o bilă metalică având diametrul de câțiva centimetri.

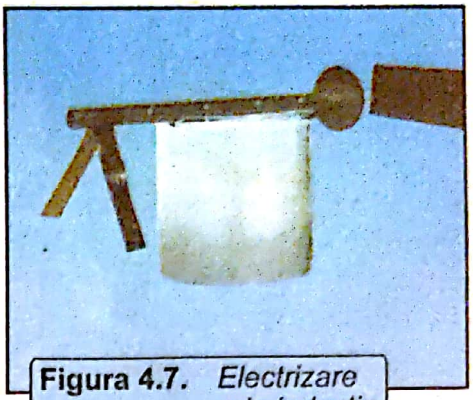


Figura 4.7. *Electrizare prin inducție*

- Agață cu ajutorul benzii adezive cele două panglici din staniol la capătul liber al tijei (astfel încât să fie în contact cu tija).
- Freacă banda din celuloid cu bucata de postav.
- Apropie banda din celuloid de discul metalic (bila metalică), fără a-l atinge. Ce observi?
- Îndepărtează banda din celuloid. Ce observi?

Constatări

- La apropierea benzii din celuloid de discul metalic, foițele din staniol se resping (*figura 4.7*).
- La îndepărtarea benzii din celuloid, foițele se apropie.

Concluzii

- La apropierea benzii din celuloid de tija metalică se produce electrizarea foițelor, iar la îndepărtare, electrizarea dispare.
- Un corp poate fi electrizat şi dacă în apropierea sa este adus un alt corp încărcat electric. Această metodă de electrizare este cunoscută sub numele de ***electrizare prin influență*** (sau ***electrizare prin inducție***).

Tema 1

Prinde de o tijă metalică lungă de 30 ... 40 cm câteva perechi de foiţe de staniol, cam la 7 ... 10 cm depărtare una de cealaltă (*figura 4.8*). Montează tija pe un suport izolator şi reia cu acest dispozitiv *experimentul 4*. Ce observi? Găseşte o metodă de a arăta că sarcinile care apar la extremitățile barei sunt de semne contrare.

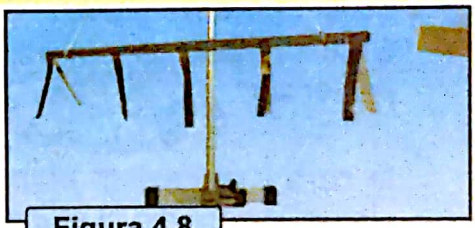


Figura 4.8.

REȚINE!

Metode de electrizare	
frecare	Cele două corpuri se încarcă cu sarcini de semne contrare.
contact	Cele două corpuri se încarcă cu sarcini de acelaşi semn.
influență (inducție)	Corpul electrizat prin influență nu-şi modifică sarcina electrică, dar la extremități se încarcă cu sarcini de semne contrare.

Interacțiuni între corpuri încărcate electric	
sarcini de acelaşi semn	Între corpuri se manifestă interacțiune prin forțe de respingere.
sarcini de semne contrare	Între corpuri se manifestă interacțiune prin forțe de atracție.

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

4.2 Atomul

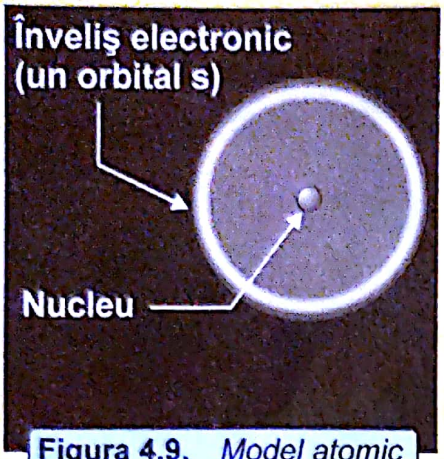


Figura 4.9. *Model atomic*

Idei asupra structurii materiei au apărut încă din secolul al IV-lea î.Hr. Filosofii greci Leucip şi Democrit au emis ipoteza că divizarea corpurilor nu poate avea loc la infinit. Particula (ipotetică) care nu mai poate fi divizată a fost denumită ***atom*** (*athomos*, în limba greacă, înseamnă *indivizibil*).

Studiul proceselor de electrizare şi descărcare electrică, studiul fenomenelor care se produc în diferite circuite electrice, studiul reacțiilor chimice au condus la descoperirea electronului ca element constitutiv al atomului (la sfârşitul secolului al XIX-lea). S-a renunțat astfel la ipoteza că atomul este o particulă indivizibilă, dar denumirea s-a păstrat.

Numeroase experimente au confirmat concepția actuală privind structura atomului (*figura 4.9*), conform căreia atomul este format din ***nucleu*** şi ***înveliş electronic***.

Nucleul este format din ***protoni*** şi ***neutroni***. Protonii şi neutronii sunt particule *elementare* cu următoarele caracteristici:

- masele aproximativ egale:
$$m_p \cong m_n \cong 1{,}66 \cdot 10^{-27}\ kg$$
- sarcina electrică a protonilor este $q_p = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\ C$, iar a neutronilor, $q_n = 0$.
Sarcina protonului reprezintă cea mai mică sarcină electrică ce a putut fi pusă în evidență experimental, motiv pentru care valoarea $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\ C$ este numită ***sarcină elementară***.
- Sarcina electrică totală a nucleului este pozitivă, fiind dată de sarcina electrică a protonilor:
$$q_{nucleu} = Ze$$
în care Z reprezintă *numărul de protoni din nucleu*, adică *numărul de ordine* din sistemul periodic al elementelor (numit şi ***număr atomic***).

Învelişul electronic este alcătuit din ***electroni***, particule *elementare* identice, încărcate electric negativ, având următoarele caracteristici:

- sarcina electrică:
$$q_e = -1{,}6 \cdot 10^{-19}\ C, \text{ adică } q_e = -e$$
- masa:
$$m_e = 9{,}1 \cdot 10^{-31}\ kg$$
adică de aproape două mii de ori mai mică decât masa unui atom de hidrogen.

Numărul de electroni din învelişul electronic al atomului este egal cu Z, iar sarcina electrică a acestuia este
$$q_{inv.el.} = Z \cdot (-e)$$
Sarcina totală a atomului este astfel nulă, atomul fiind ***neutru*** din punct de vedere electric.

Atomii pot ceda sau pot primi electroni, transformându-se în ***ioni***, procesul respectiv numindu-se ***ionizare***. Ionii pot fi:

- ***pozitivi***, proveniți din atomi care au cedat electroni (numărul de electroni este mai mic decât Z);
- ***negativi***, proveniți din atomi care au primit electroni (numărul de electroni este mai mare decât Z).

Și ionii pot ceda sau pot primi electroni. Astfel, sarcina lor poate să crească sau să scadă.

Dacă un ion schimbă sarcini cu mediul înconjurător astfel încât sarcina sa electrică să devină zero, procesul respectiv este numit ***neutralizare***.

Documentar

Pentru exprimarea comodă a sarcinii electrice a unui ion se utilizează mărimea fizică *sarcină electrică relativă* (pe scurt, *sarcină relativă*), definită prin relația:

$$q_r = \frac{q}{e}$$

Sarcina relativă este un *număr* care arată de câte ori sarcina ionului (q) este mai mare decât sarcina elementară (e).

Exemplu

Sarcina electrică a unui atom care cedează doi electroni devine:

$$q = 2 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19} C = 3{,}2 \cdot 10^{-19} C$$

iar *sarcina electrică relativă* este:

$$q_r = 2$$

Tema 2

1. Oxigenul este al 8-lea element din sistemul periodic. Calculează:
   a) sarcina electrică a nucleului de oxigen;
   b) sarcina electrică totală a învelișului electronic pentru atomul de oxigen;
   c) sarcina electrică totală a atomului de oxigen.
   d) Răspunde la aceleași cerințe în cazul atomului de uraniu ($Z = 92$).
2. Atomul de azot are $Z = 7$ și masa $m = 2{,}325 \cdot 10^{-26}$ kg.
   a) Ce tip de ion devine un atom de azot care a cedat doi electroni?
   b) Ce tip de ion devine un atom de azot care a primit un electron?
   c) Care este sarcina electrică a fiecăruia dintre cei doi ioni?
   d) De câte ori este mai mare masa atomului de azot decât masa electronilor săi?

Documentar

Primul model științific referitor la structura atomului a fost formulat de Joseph John Thomson, în 1904. Conform acestui model, atomul este o sferă cu diametrul de ordinul 10^{-10} m, dintr-un *material încărcat pozitiv*, în care sunt „înfipți" *electronii* – particule încărcate *negativ* și cu *masa neglijabilă* față de masa atomului.

Acest model poate fi descris foarte plastic prin expresia ***cozonac cu stafide***, denumire sub care, de altfel, modelul este cunoscut și în prezent.

Pentru a studia diferitele proprietăți ale *materialului pozitiv*, Ernst Rutherford a *sondat* atomii folosind un flux de particule α^*. Rutherford a ajuns la concluzia că zona încărcată pozitiv (cu masa egală practic cu masa atomului) are diametrul de aproximativ 100 000 de ori mai mic decât al atomului. Pe baza acestui rezultat, în 1911 a conceput ***modelul planetar*** pentru structura atomului.

Conform modelului planetar, atomul este format din ***nucleu*** și ***înveliș electronic***.

Ernst Rutherford
1871 – 1937

* Detalii în Capitolul 8.

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

4.3 Explicarea electrizării

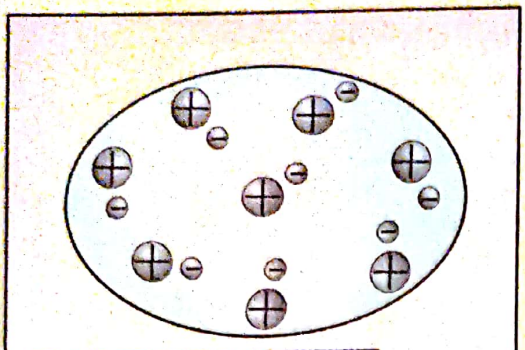


Figura 4.10. *Corp neutru*

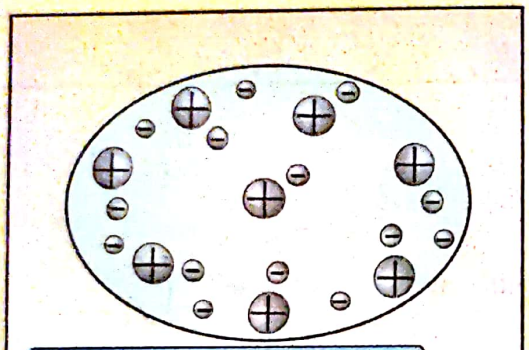


Figura 4.11. *Corp electrizat negativ*

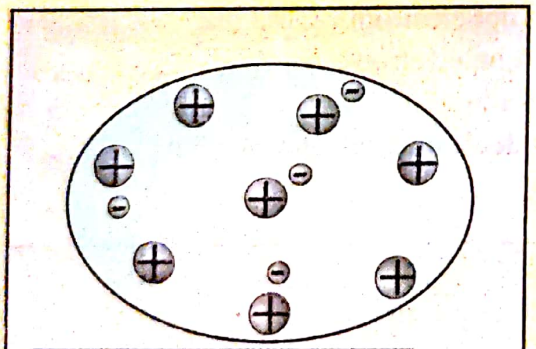


Figura 4.12. *Corp electrizat pozitiv*

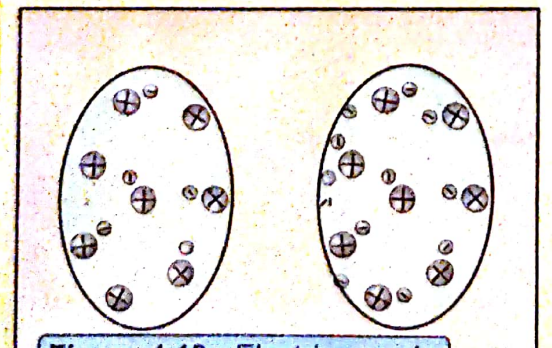


Figura 4.13. *Electrizare prin frecare*

Electrizarea prin frecare şi prin contact

Corpurile pot conține atomi, ioni pozitivi, ioni negativi şi electroni liberi. Într-un *corp neutru*, sarcina electrică totală (suma tuturor sarcinilor electrice) este *nulă* (în *figura 4.10* şi următoarele, un model foarte simplificat). *În general*, corpurile sunt *neutre* din punct de vedere electric.

Corpurile pot *primi* sau pot *ceda* electroni. Sunt posibile următoarele două situații:

- dacă un corp neutru *primeşte* electroni, atunci se încarcă electric *negativ* (*figura 4.11*);
- dacă un corp neutru *cedează* electroni, atunci se încarcă *pozitiv* (*figura 4.12*).

Prin frecare şi prin contact există posibilitatea *transferului* unor electroni de pe un corp pe altul.

Exemplul 1

La frecarea unui baston din sticlă cu o bucată de postav, ambele corpuri fiind inițial neutre ($Q_1 = 0, Q_2 = 0$), un număr N_t de electroni ai atomilor din bastonul de sticlă se transferă pe bucata de postav (*figura 4.13*). Deci:

- bastonul din sticlă se încarcă pozitiv cu sarcina
$$Q_1' = N_t e;$$
- bucata de postav se încarcă negativ cu sarcina
$$Q_2' = N_t(-e).$$

Observație

Conform ipotezei, sarcina totală inițială Q a sistemului (înainte de frecare) este:

$$Q = Q_1 + Q_2 = 0$$

deoarece corpurile sunt neutre. Sarcina totală finală Q′ a sistemului (după frecare) este:

$$Q' = Q_1' + Q_2' = 0$$

Rezultă astfel că ***sarcina totală finală este egală cu sarcina totală inițială***:

$$Q' = Q$$

Exemplul 2

La contactul a două corpuri, unul încărcat electric cu sarcina

$$Q_1 = N(-e)$$

şi celălalt neutru ($Q_2 = 0$), N_t electroni trec de pe primul corp pe cel de-al doilea (*figura 4.14*). Deci:

- primul corp va avea sarcina:
$$Q_1' = (N - N_t)\cdot(-e);$$
- al doilea corp va avea sarcina:
$$Q_2' = N_t \cdot (-e).$$

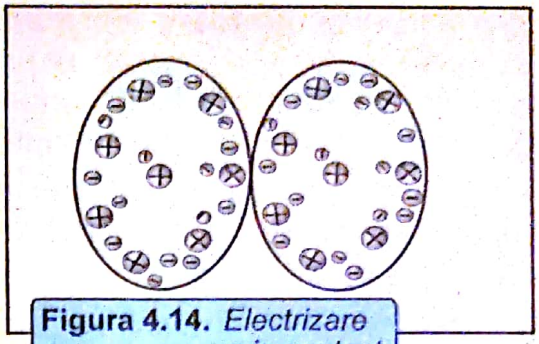


Figura 4.14. *Electrizare prin contact*

Observaţie

Conform ipotezei, sarcina totală iniţială (Q) a sistemului (înainte de contact) este:

$$Q = Q_1 + Q_2 = N \cdot (-e)$$

deoarece doar primul corp este încărcat electric. Sarcina totală finală (Q') a sistemului după contact este:

$$Q' = Q_1' + Q_2' = N \cdot (-e)$$

Rezultă astfel că, şi în acest exemplu, ***sarcina totală finală este egală cu sarcina totală iniţială***:

$$Q' = Q$$

Documentar

Numărul electronilor care trec de pe un corp pe altul în timpul unui proces de electrizare este neglijabil în comparaţie cu numărul total de electroni din corpuri.

De exemplu, un corp metalic sferic cu volumul de 10 cm^3 conţine aproximativ 10^{24} electroni. În cursul unui proces de electrizare „obişnuită" (până la o tensiune de 1 000 V între el şi Pământ), corpul cedează aproximativ 10^{10} electroni, adică de 10^{14} ori mai puţini decât are!

Evident, este posibil ca un corp electrizat în prealabil să sufere un proces *suplimentar* de electrizare. De exemplu, dacă un corp încărcat electric pozitiv primeşte electroni de la un alt corp, atunci sarcina sa scade (poate ajunge zero sau poate deveni chiar negativă).

În *exemplele 1* şi 2 au fost făcute următoarele presupuneri:

- Particulele purtătoare de sarcină *nu pot fi create* şi *nu pot să dispară*.
  - Pe nici unul dintre corpuri nu apar şi nu dispar particule purtătoare de sarcină electrică.
  - Electronii care părăsesc unul dintre corpuri ajung pe celălalt.
- Sistemul fizic format din cele două corpuri este izolat de mediul înconjurător, fapt care nu permite transferul unor particule purtătoare de sarcină electrică între corpuri şi mediul înconjurător.

Păstrarea constantă a sarcinii electrice în sistemele izolate este una dintre caracteristicile fundamentale ale Universului, caracteristică ce a fost evidenţiată de numeroase experimente şi, în acelaşi timp, nu a putut fi infirmată în nici o situaţie.

Legea conservării sarcinii electrice

În sisteme izolate, sarcina electrică se conservă.

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

Electrizarea prin influență

În ***conductoare***, electronii de valență sunt *liberi* în interiorul întregului corp. La apropierea de un conductor (**A**) a unui corp încărcat electric (**B**), acesta acționează asupra electronilor liberi din conductor determinând redistribuirea lor (*figura 4.15.a*). Sarcina electrică a fiecăruia dintre corpuri *nu se modifică*.

În ***izolatoare***, numărul electronilor liberi este neglijabil. Electrizarea prin influență a corpurilor izolatoare constă în:

- deplasarea (foarte puțin) a învelișului electronic în raport cu nucleul, astfel încât centrele lor nu mai coincid; acest proces suferit de molecule este numit ***polarizare***, iar moleculele aflate într-o astfel de stare sunt numite ***molecule polare*** (*figura 4.15.b*).
- orientarea moleculelor (polare) la apropierea corpului încărcat electric (*figura 4.15.c*).

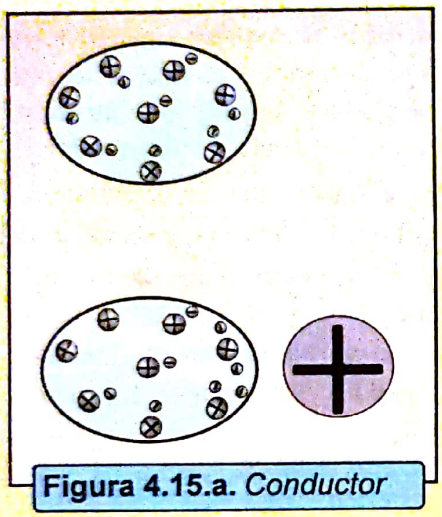


Figura 4.15.a. *Conductor*

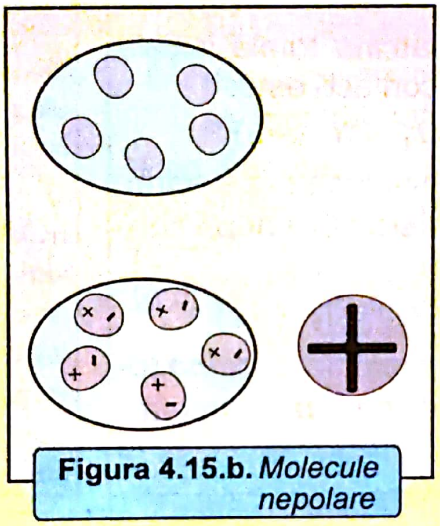


Figura 4.15.b. *Molecule nepolare*

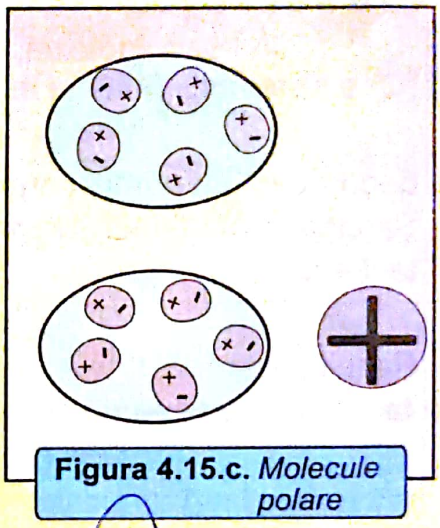


Figura 4.15.c. *Molecule polare*

Interacțiunea electrostatică. Electrostatica

Interacțiunea dintre corpuri electrizate aflate în repaus se numește interacțiune electrostatică.

Electrostatica se ocupă cu studiul interacțiunilor electrostatice.

REȚINE!

Electrizarea prin	
frecare	**1.** Se realizează printr-un transfer de electroni de pe un corp pe altul.
contact	**2.** Modifică sarcina electrică a fiecărui corp, dar sarcina electrică totală rămâne constantă.
influență (inducție)	**1.** Se realizează prin redistribuirea electronilor din corp. **2.** Nu modifică sarcina electrică a corpului.

Legea conservării sarcinii electrice
Într-un sistem izolat, sarcina electrică totală se conservă.

Probleme

1. Confecţionează două panglici din celofan subţire, ca în *experimentul 2*. Deschide televizorul şi apropie panglicile de ecran. Lasă-le să se lipească de ecran, apoi ţine-le împreună de un capăt. Ce observi? Ce procese de interacţiune electrostatică se produc?

2. Ai la dispoziţie o bucată de postav, o bucată de blană, o panglică din celuloid şi una din celofan. Imaginează un experiment din care să rezulte că prin electrizarea acestor corpuri se pot forma două tipuri de sarcină electrică.

3. Construieşte un pendul electrostatic astfel:
   - confecţionează din staniol o biluţă (cu diametrul de aproximativ 1 cm);
   - prinde biluţa cu un fir din mătase (nailon) de un suport (*figura 4.16*).

   Ce se întâmplă dacă apropii de biluţă o bandă din celuloid electrizată? Dar dacă biluţa se atinge de bandă?

4. Construieşte un pendul electrostatic folosind, de această dată, o biluţă dintr-un material izolator uşor (de exemplu, polistiren expandat sau soc). Repetă experimentul propus în *problema 3*. Ce deosebiri observi? Încearcă să explici.

5. Dacă părul este atras de pieptene, ce concluzie rezultă cu privire la semnele sarcinilor electrice de pe pieptene şi de pe firele de păr?

6. Construieşte un electroscop astfel:
   - de o tijă metalică prevăzută cu două ace orizontale la capătul inferior agaţă două benzi mici din staniol (*figura 4.17, medalion);*
   - prinde la capătul superior al tijei un corp metalic cu suprafaţă mare (disc, bilă), ca în *figura 4.17*;
   - prinde tija de un suport izolator.

   Electrizează prin contact tija electroscopului.

   a) Ce concluzie poţi trage dacă, la apropierea de disc (bilă) a altui corp electrizat, foiţele se depărtează mai mult?

   b) Ce se observă dacă acel corp este pus în contact cu tija?

   c) Reia experimentul fără disc (bilă) la capătul superior al tijei. Ce concluzii rezultă?

7. Electrizează prin contact discul unui electroscop. Urmăreşte ce se întâmplă în următoarele câteva secunde şi încearcă să explici.

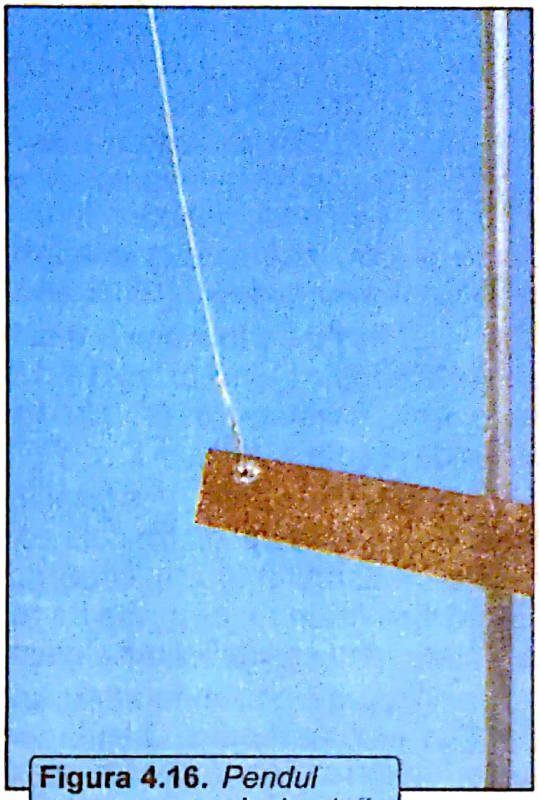


Figura 4.16. *Pendul electrostatic*

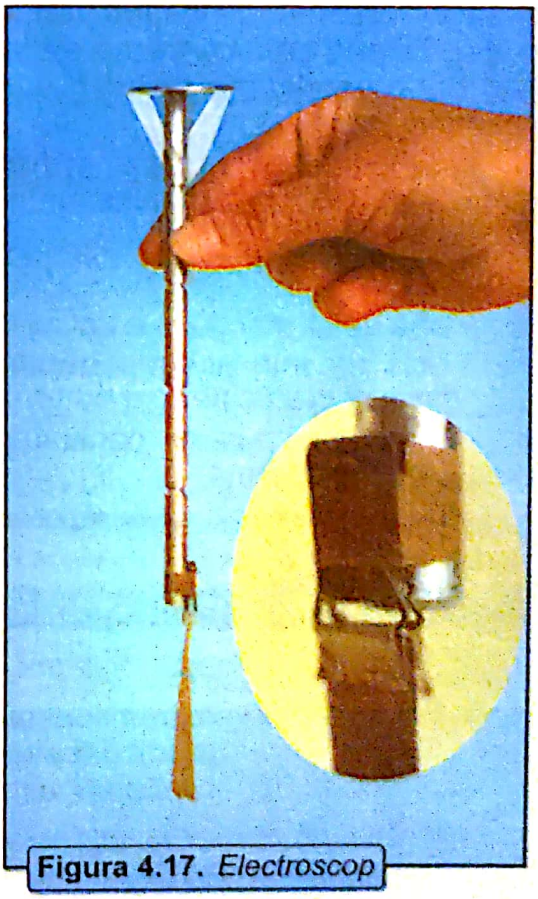


Figura 4.17. *Electroscop*

Scanned with OKEN Scanner

Legea lui Coulomb

Un rol deosebit în studiul proceselor de interacțiune dintre sarcinile electrice a avut Charles Augustin de Coulomb.

În 1777, Coulomb a utilizat o ***balanță de torsiune*** (*figura 4.8*), balanță extrem de *sensibilă*, care i-a permis să măsoare forța de interacțiune dintre corpuri încărcate cu sarcini electrice și aflate în repaus (forța de ***interacțiune electrostatică***).

Balanța de torsiune are două sfere, **A** și **B**, prinse la capetele unui ax agățat de un fir vertical. În apropierea acestora se află alte două sfere, **C** și **D**, fixate de peretele lateral.

Sferele se încarcă electric prin contact. Datorită interacțiunii dintre cele patru sfere, tija se rotește, determinând răsucirea (torsiunea) firului. Unghiul de torsiune depinde de mărimea forțelor de interacțiune și de calitățile elastice ale firului.

În principiu, măsurând unghiul de torsiune, Coulomb ar fi putut calcula forțele de interacțiune. Valoarea foarte mică a acestor forțe a făcut însă ca unghiul de torsiune să fie foarte greu de măsurat cu o precizie acceptabilă. În această situație, Coulomb a măsurat *perioada de oscilație* a tijei. Ținând cont că mișcarea tijei este influențată de interacțiunea dintre bile, a putut calcula valoarea forței.

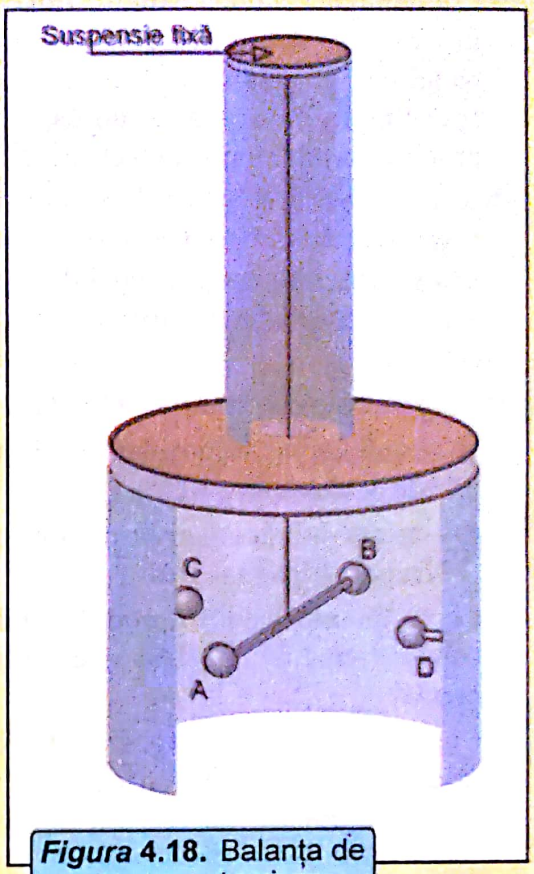


Figura 4.18. Balanța de torsiune

Pentru ***corpuri punctiforme*** (cu dimensiuni mult mai mici decât distanța dintre ele), Coulomb a ajuns la următoarele concluzii:

- Forța de interacțiune este direct proporțională cu sarcina fiecăruia dintre cele două corpuri.
- Forța de interacțiune este invers proporțională cu pătratul distanței dintre corpuri.
- Forța de interacțiune depinde de mediul în care se află corpurile; în vid, interacțiunea este mai puternică decât în orice alt mediu.

Reunind aceste constatări experimentale, Coulomb a exprimat matematic rezultatele sub forma:

$$F = k\frac{|q_1 \cdot q_2|}{r^2} \qquad (4.1)$$ (legea lui Coulomb)

în care
- q_1 și q_2 sunt sarcinile electrice ale celor două corpuri;
- r este distanța dintre corpuri;
- k este o constantă de proporționalitate; k are valori diferite pentru medii diferite. Dacă ambele corpuri se află în vid, constanta de proporționalitate are valoarea cea mai mare:

$$k_0 = 9 \cdot 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$$

Pentru aer se poate considera aceeași valoare ca și pentru vid.

Scanned with OKEN Scanner

Probleme

1 Două corpuri punctiforme, încărcate cu sarcinile electrice $q_1 = 1\ \mu C$ și, respectiv, $q_2 = 3\ \mu C$, se află la o distanță $d = 1\ m$ în aer. Se 'iau în considerare doar interacțiunile electrostatice.

a) Indică dacă forțele de interacțiune dintre cele două corpuri sunt de atracție sau de respingere.

b) Calculează forțele de interacțiune electrostatică.

c) Determină poziția în care trebuie plasată o sarcină q_3 astfel încât, indiferent de valoarea ei, să se afle în echilibru.

d) Calculează valoarea sarcinii q_3 (plasată în poziția găsită la punctul anterior) astfel încât și sarcina q_1 să fie în echilibru.

e) Verifică dacă, în condițiile de la punctul d), și q_2 este în echilibru.

2 Patru corpuri punctiforme cu sarcini egale, $q = 1\ \mu C$, sunt plasate în colțurile unui pătrat cu latura $d = 10\ cm$. Se consideră că aceste patru sarcini se află în aer și se neglijează orice interacțiune, cu excepția celei electrostatice.

a) Calculează rezultanta forțelor care acționează asupra unuia dintre corpuri.

b) Se „îndoaie" pătratul după una dintre liniile sale mijlocii, astfel încât unghiul diedru să fie de 90°. Calculează rezultanta forțelor care acționează asupra unuia dintre corpuri.

c) Unul dintre cele patru corpuri se mută în centrul pătratului. Calculează forța rezultantă care acționează asupra sarcinii acestui corp.

Charles Augustin de COULOMB (1736 – 1806)

S-a născut la Angoulême (Franța), în 14 iunie 1736.

Studii: inginerie militară, absolvent în 1761.

Ocupația: inginer militar (pentru armata Franței) în Indiile de Vest; a revenit în Franța în timpul Revoluției Franceze.

Activitatea științifică:

- practic, a reinventat balanța de torsiune;
- a descoperit experimental dependența forței de interacțiune dintre sarcinile electrice punctiforme de mărimea acestora, distanța dintre ele și mediul în care se află; astăzi, aceste rezultate sunt cunoscute sub denumirea de „legea lui Coulomb";
- a publicat în 1779 „*Teoria mașinilor simple*", în care s-a ocupat de rolul și efectele frecărilor în mașinile simple;
- în 1781 a devenit membru al Academiei franceze;
- după Revoluția Franceză, a ajutat noul guvern să definească și să introducă în Franța un *sistem unic de unități de măsură*, care a devenit ulterior *sistemul metric*.

A murit la Paris, în 23 august 1806.

Pentru contribuția sa la dezvoltarea electricității, unitatea de măsură pentru sarcină electrică - *coulomb* - îi poartă numele.

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

4.4 Curentul electric

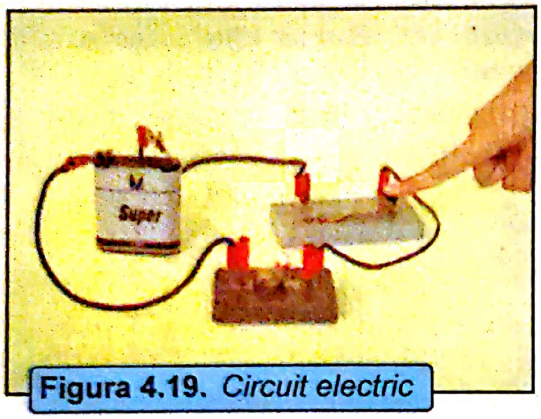


Figura 4.19. *Circuit electric*

Circuit electric

Montajul din *figura 4.19* constituie un ***circuit electric închis***. Circuitul cuprinde un generator, un bec şi un întrerupător, interconectate prin intermediul unor conductori electrici. Printr-un circuit electric închis trece ***curent electric***.

Explicarea curentului electric. Modelul hidraulic

Un circuit electric poate fi comparat cu un circuit hidraulic (*figura 4.20*). Atunci când sunt închise, aceste circuite sunt parcurse de *curent electric*, respectiv de *curent de lichid*.

Pentru menţinerea curentului de lichid, pompa efectuează lucru mecanic asupra lichidului; analog, pentru menţinerea curentului electric, generatorul electric efectuează lucru mecanic asupra sarcinilor electrice mobile din circuit.

Aşa cum pompa - în circuitul hidraulic - nu *produce* lichid, ci doar determină mişcarea acestuia, tot aşa şi generatorul - în circuitul electric - nu *produce* sarcini electrice, ci determină doar mişcarea acestora.

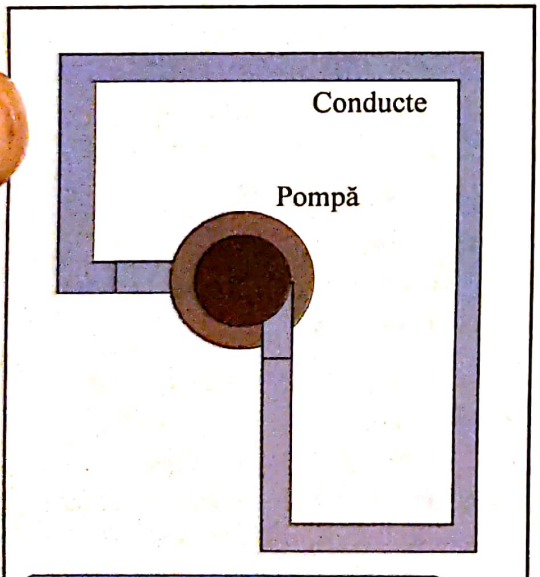


Figura 4.20. *Circuit hidraulic*

Curentul electric

Curentul electric este o mişcare dirijată a sarcinilor electrice.

În funcţie de starea de agregare a substanţei prin care trece curentul electric, purtătorii de sarcină electrică a căror mişcare formează curentul electric sunt:

- ioni şi electroni, în gaze (ca în cazul fulgerelor şi al trăsnetelor);
- ioni, în lichide;
- electroni liberi, în metale.

Generatorul, becul, conductoarele de legătură, întrerupătorul sunt ***elemente de circuit***. Aceste elemente de circuit au *două* borne, fiind numite ***elemente dipolare*** (sau ***dipoli***).

Observaţie

Analogia dintre circuitul electric şi circuitul hidraulic este valabilă numai pentru *circuite închise*.

Compară fenomenele care au loc la deschiderea unui circuit electric, respectiv hidraulic!

În general, orice porțiune de circuit conectată la restul circuitului prin două borne se numește ***dipol***. Dacă porțiunea de circuit respectivă conține generatoare electrice, se numește ***dipol activ***, iar în caz contrar, ***dipol pasiv***.

Pentru reprezentarea simplificată a circuitelor electrice se folosesc ***simboluri grafice*** standardizate pentru fiecare element de circuit (*figura 4.21*). Reprezentarea obținută prin utilizarea acestor simboluri grafice este numită ***schema circuitului***. Utilizarea schemei permite înțelegerea mai ușoară a funcționării unui circuit sau realizarea sa practică.

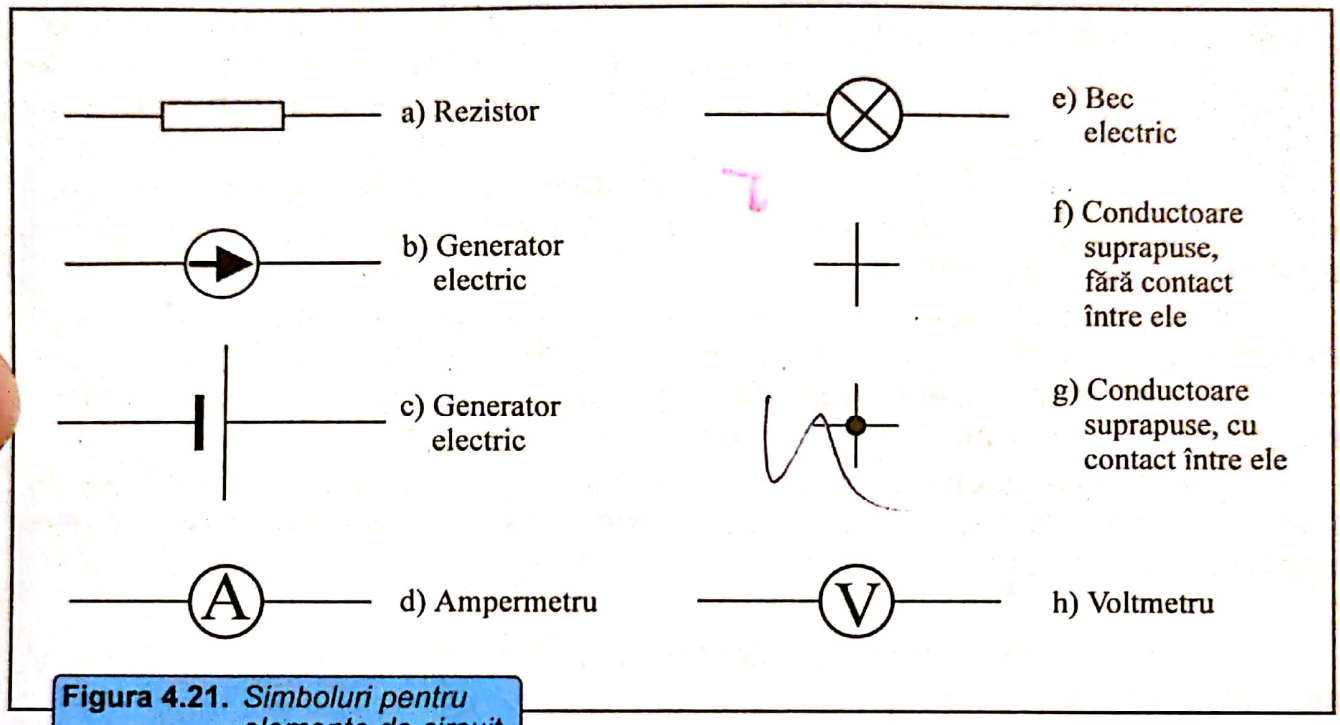


Figura 4.21. *Simboluri pentru elemente de circuit*

În acelaşi mod în care pompa dintr-un circuit hidraulic imprimă un anumit *sens* mişcării fluidului, şi *un generator electric imprimă un anumit sens curentului.*

Curentul electric are, în afara generatorului, *sensul de la borna pozitivă la borna negativă* a acestuia (*figura 4.22*).

În interiorul generatorului, sensul curentului electric este de la borna negativă spre borna pozitivă. Unul dintre simbolurile grafice utilizate pentru generatorul electric indică tocmai acest sens (*figura 4.21.b*).

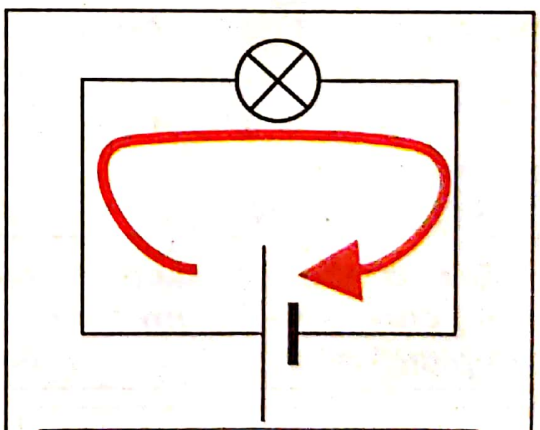


Figura 4.22. *Sensul curentului electric*

Sensul curentului electric coincide cu sensul de mişcare al unor purtători liberi de sarcină pozitivă, dar este invers sensului de mişcare al unor purtători liberi de sarcină negativă.

De exemplu, în metale, curentul electric fiind format din electroni aflați în mişcare, sensul curentului este invers sensului de mişcare al acestora.

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

Intensitatea curentului electric

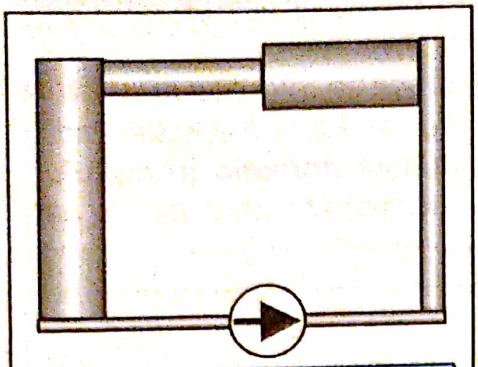


Figura 4.23. *Intensitatea este aceeaşi în orice secţiune*

În *figura 4.23* este reprezentat schematic un circuit electric format din mai multe conductoare cu lungimi diferite, secţiuni diferite şi din materiale diferite (pentru simplificare, considerăm că toate sunt metale).

În aceste conductoare, deplasarea electronilor este *continuă*: electronii *nu dispar* şi *nu se acumulează* în nici o zonă a circuitului. Astfel, fiecare secţiune transversală a conductorului este traversată în acelaşi interval de timp de acelaşi număr de electroni, adică *debitul de electroni este acelaşi în orice secţiune*.

O caracteristică importantă a curentului electric o constituie ***intensitatea*** curentului, mărime fizică ce are ca semnificaţie *debitul de sarcină electrică*.

Trecerea curentului electric printr-un circuit produce anumite efecte (în clasa a VI-a ai studiat efectul termic şi efectul magnetic). Un curent cu intensitate mai mare produce un efect mai intens (pe aceeaşi porţiune de circuit, în aceleaşi condiţii). Intensitatea curentului electric se măsoară prin efectele sale.

Intensitatea curentului electric este mărime fundamentală în **SI**. Unitatea de măsură a intensităţii se numeşte ***amper*** şi este unitate fundamentală în **SI**. Ecuaţia unităţii de măsură pentru intensitatea curentului este:

(4.2) $\langle I \rangle = A$

Legătura dintre sarcina electrică Q transportată de un curent electric şi intensitatea I a acestuia este:

(4.3) $Q = I \cdot \Delta t$ $\quad I = \frac{Q}{\Delta t}$

în care Δt este durata trecerii curentului electric.

Ecuaţia unităţii de măsură pentru sarcina electrică este:

(4.4) $\langle Q \rangle = A \cdot s = C\ (coulomb)$

coulomb (C)

1 C este sarcina electrică transportată printr-o secţiune transversală a unui conductor de un curent electric constant, cu intensitatea de 1 A, în timp de 1 s.

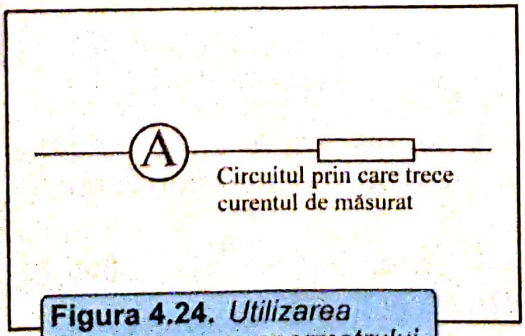


Figura 4.24. *Utilizarea ampermetrului*

Instrumentul destinat măsurării intensităţii curentului electric se numeşte ***ampermetru***.

Ampermetrul măsoară întotdeauna intensitatea curentului care trece *prin el*. Pentru a măsura intensitatea curentului care trece printr-o porţiune de circuit, ampermetrul trebuie să fie străbătut de *acelaşi curent* ca şi porţiunea respectivă de circuit. Deci ampermetrul trebuie conectat *în serie* cu acea porţiune de circuit (*figura 4.24*).

Orice consumator este construit astfel încât să aibă nevoie de un curent cu o *anumită* intensitate pentru a funcționa normal. Valoarea acestei intensități se numește ***intensitate nominală***. Intensitatea nominală este notată pe unii consumatori.

În funcție de condițiile concrete ale circuitului în care este introdus, consumatorul poate fi parcurs de un curent cu intensitatea mai mare sau mai mică decât cea nominală. Dacă intensitatea curentului este mai mare decât cea nominală, există pericolul *distrugerii* consumatorului.

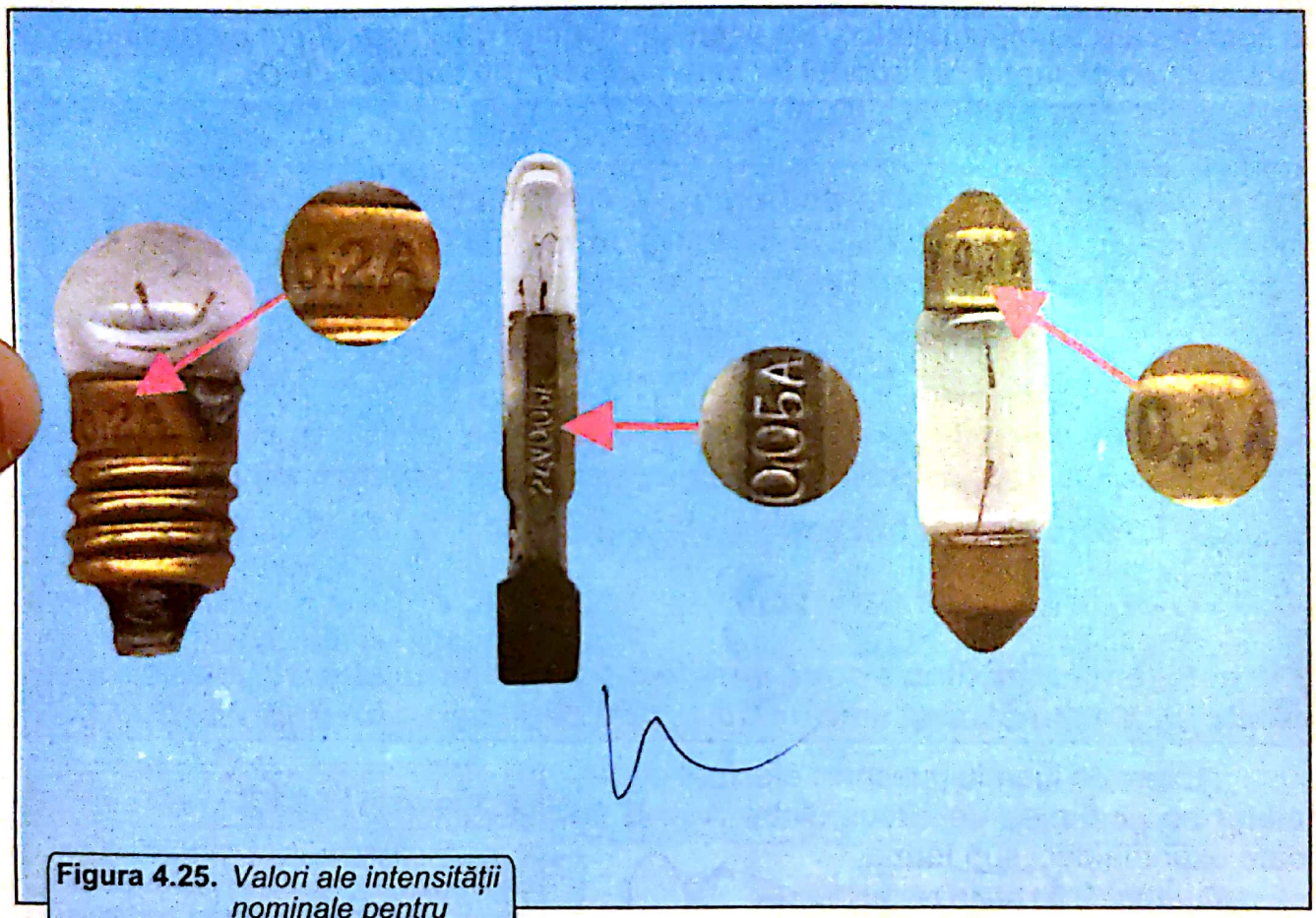


Figura 4.25. *Valori ale intensității nominale pentru diferite becuri electrice*

Tema 3

1. Calculează intensitatea curentului electric care transportă, printr-o secțiune transversală a unui conductor, o sarcină electrică de 120 mC în timp de 1 ms.
2. Un conductor omogen care prezintă o strangulare pe o anumită porțiune, produsă prin îndepărtarea unei părți din material (*figura 4.26*), se introduce într-un circuit electric închis.
   a) Viteza electronilor este aceeași în orice porțiune a conductorului?
   b) Descrie un sistem hidraulic analog cu situația descrisă în această problemă.

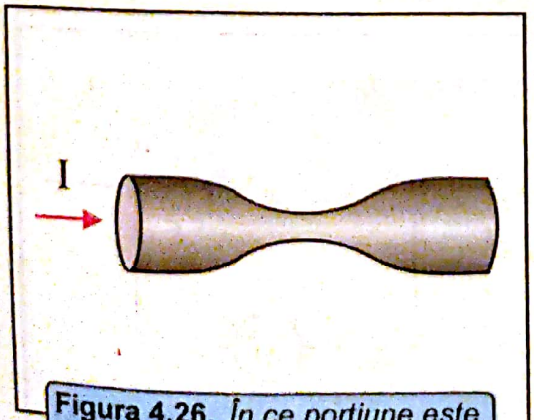


Figura 4.26. *În ce porțiune este viteza mai mare?*

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

Lucrul mecanic efectuat de generator pe o porțiune de circuit. Tensiunea electrică între două puncte ale unui circuit electric

Pentru menținerea curentului electric în circuit, generatorul trebuie să efectueze lucru mecanic asupra purtătorilor de sarcină aflați în toate punctele circuitului.

Fie o porțiune de circuit cuprinsă între bornele **A** și **B** și care este parcursă de curent electric de la **A** spre **B**. Fie L lucrul mecanic efectuat asupra purtătorilor liberi de sarcină și Q sarcina care trece printr-o secțiune transversală a circuitului în intervalul de timp în care se efectuează L. Se poate demonstra că L este *direct proporțional* cu sarcina Q, adică faptul că raportul lor este *constant* (nu depinde de Q).

Tensiunea electrică (U), voltul (V)

Tensiunea electrică dintre două puncte ale unui circuit electric este mărimea fizică egală cu raportul dintre lucrul mecanic L efectuat între cele două puncte pentru transportul unei sarcini Q și sarcina respectivă:

$$U = \frac{L}{Q} \qquad (4.5)$$

Tensiunea electrică dintre două puncte ale unui circuit este numeric egală cu lucrul mecanic efectuat pentru a deplasa între acele puncte o sarcină de 1 C.

Ecuația unității de măsură este:

$$\langle U \rangle = \frac{J}{C} = V \quad \textit{(volt)} \qquad (4.6)$$

1 V este tensiunea dintre două puncte ale unui circuit electric între care se efectuează un lucru mecanic de 1 J pentru deplasarea unei sarcini de 1 C.

Expresia lucrului mecanic efectuat de generator pe porțiunea de circuit dintre **A** și **B** se poate exprima deci sub forma:

$$L = Q \cdot U \qquad (4.7)$$

Dacă intensitatea curentului este constantă, atunci:

$$Q = I \cdot \Delta t \qquad (4.8)$$

și rezultă

$$L = U \cdot I \cdot \Delta t \qquad (4.9)$$

Instrumentul destinat măsurării tensiunii electrice se numește ***voltmetru***.

Un voltmetru măsoară tensiunea dintre *bornele sale*. Pentru a măsura tensiunea dintre două puncte oarecare, **A** și **B**, ale unui circuit electric, bornele voltmetrului se conectează la cele două puncte ale circuitului (*figura 4.27*). În acest fel, între bornele voltmetrului este aceeași tensiune ca și între punctele **A** și **B**. Rezultă că voltmetrul se cuplează *în paralel* cu porțiunea de circuit dintre cele două puncte.

Exemplul 3

Dacă între două puncte ale unui circuit electric există o tensiune de 3 V, atunci generatorul transferă porțiunii de circuit cuprinse între cele două puncte câte 3 J pentru fiecare sarcină de 1 C care trece printr-o secțiune transversală a circuitului.

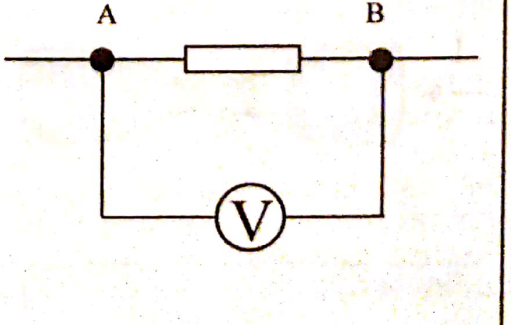


Figura 4.27. *Utilizarea voltmetrului*

Scanned with OKEN Scanner

Orice consumator este caracterizat prin intensitate nominală. Pentru a fi parcurs de un curent cu intensitatea nominală, consumatorului trebuie să i se aplice la borne o anumită tensiune, numită ***tensiune nominală***. Tensiunea nominală este notată pe toți consumatorii.

În funcție de condițiile concrete ale circuitului în care este introdus, consumatorului i se poate aplica o tensiune mai mică sau mai mare decât tensiunea nominală. Această situație va determina ca el să fie parcurs de un curent cu intensitatea mai mică, respectiv mai mare decât intensitatea nominală. Aplicarea unei tensiuni mai mari decât cea nominală poate provoca distrugerea consumatorului.

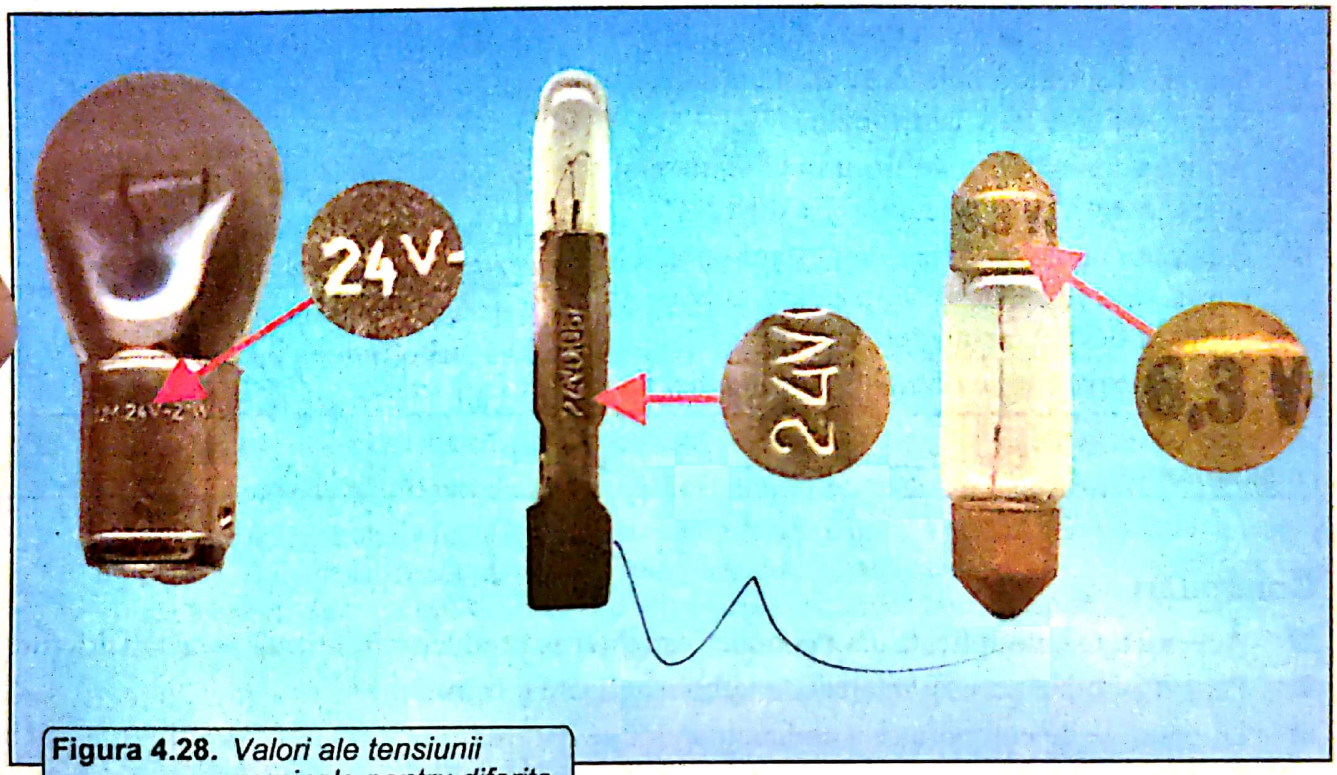


Figura 4.28. *Valori ale tensiunii nominale pentru diferite becuri electrice*

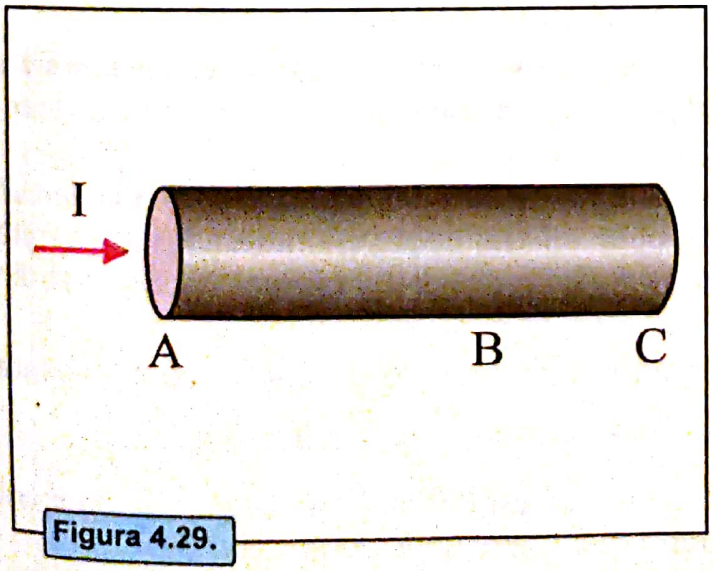


Figura 4.29.

Tema 4

1. La capetele unei porțiuni de circuit există o tensiune de 20 V.
   a) Calculează lucrul mecanic efectuat de generator pe acea porțiune de circuit, pe durata trecerii unei sarcini electrice de 10 C.
   b) În cât timp se efectuează acest lucru mecanic, dacă intensitatea curentului este constantă și are valoarea de 2 A?
2. Un conductor omogen cu secțiune constantă este intercalat într-un circuit parcurs de curent electric. Fie trei puncte, **A**, **B** și **C**, alese ca în *figura 4.29*. Între care dintre aceste trei puncte trebuie conectat un voltmetru pentru a arăta cea mai mare tensiune?

Experimentul 5

Materiale necesare

Un generator electric, un ampermetru, un voltmetru, conductoare diferite (dimensiuni diferite, materiale diferite).

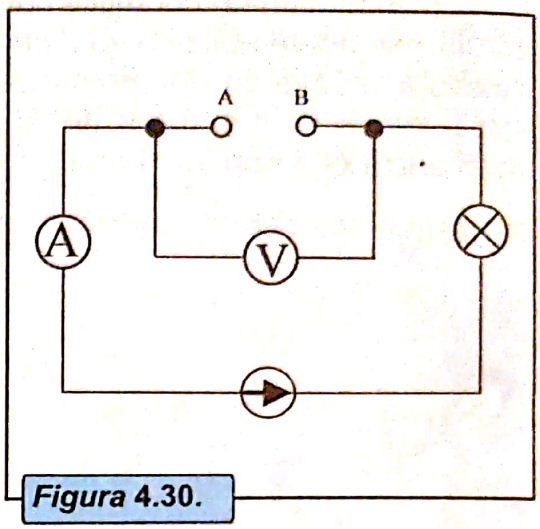


Figura 4.30.

Mod de lucru

- Realizează circuitul din *figura 4.30.*
- Cuplează între bornele **A** şi **B**, pe rând, conductoarele pe care le ai la dispoziție.
- Aplică aceeaşi tensiune fiecărui conductor şi măsoară intensitatea curentului. Ce observi?
- Reglează apoi tensiunea, la fiecare conductor în parte, astfel încât să fie produsă aceeaşi intensitate în fiecare conductor. Ce observi?
- Înregistrează datele obținute într-un tabel de forma:

Numărul măsurătorii	Conductorul	$U\ (V)$	$I\ (A)$

Constatări

- Aceeaşi tensiune aplicată unor conductoare diferite produce curenți cu intensități diferite.
- Pentru a obține aceeaşi intensitate trebuie aplicate tensiuni diferite.
- Diferențele de comportare a conductoarelor se datorează atât materialelor diferite, cât şi dimensiunilor diferite.

Concluzii

- Fiecare conductor se opune în mod diferit trecerii curentului electric.
- Este necesară definirea unei mărimi fizice care să permită compararea *cantitativă* a conductoarelor din punctul de vedere al proprietății acestora de a se opune trecerii curentului electric.

Pentru caracterizarea opoziției manifestate de o porțiune de circuit pasivă (dipol pasiv) la trecerea curentului electric se defineşte mărimea fizică numită ***rezistență electrică*** şi notată R. Relația de definiție a rezistenței electrice decurge din scopul definirii şi se justifică astfel:

- la aceeaşi tensiune aplicată, conductorul parcurs de un curent cu intensitate *mai mică* se opune *mai mult* trecerii curentului electric; considerăm $R \sim \frac{1}{I}$;
- la acelaşi curent obținut prin două conductoare diferite, se opune *mai mult* cel căruia trebuie să i se aplice o tensiune *mai mare*; considerăm $R \sim U$.

Ce faci Enache? :D

Scanned with OKEN Scanner

Rezistența electrică (R), ohmul (Ω)

Rezistența electrică a unui dipol pasiv este egală cu raportul dintre tensiunea aplicată acestuia și intensitatea curentului produs prin aplicarea tensiunii:

$$R = \frac{U}{I} \qquad (4.10)$$

Ecuația unității de măsură este:

$$\langle R \rangle = \frac{V}{A} = \Omega \quad \textit{(ohm)} \qquad (4.11)$$

1 Ω este rezistența unui dipol pasiv dacă, la aplicarea unei tensiuni de 1 V, prin dipol trece un curent cu intensitatea de 1 A.

Tema 5

1. Indică un mod în care s-ar putea verifica experimental următoarele trei proprietăți ale rezistenței electrice, pentru un conductor omogen și filiform (cu secțiune constantă):
   a) este direct proporțională cu *lungimea* conductorului;
   b) este invers proporțională cu *aria* secțiunii transversale a conductorului;
   c) depinde de *materialul* din care este realizat conductorul.
2. Un bec electric de lanternă are înscrise pe soclu valorile: 0,2 A și 3,5 V (parametrii nominali).
   a) Cât este rezistența filamentului becului în condiții normale de funcționare?
   b) Realizează montajul din *figura 4.30* și cuplează becul între **A** și **B**. Aplică becului o tensiune de 1 V. Calculează rezistența filamentului becului. Repetă măsurătorile pentru diferite valori ale tensiunii (dar nu mai mari de 4,5 V, pentru a nu „arde" becul). Ce se constată?

Documentar

Rezistența electrică depinde de temperatura conductorului!

Electronii liberi din metal participă la agitația termică – mișcare dezordonată care se intensifică la creșterea temperaturii (vezi *Capitolul* 2, pagina 28). Generatorul electric determină suprapunerea peste această mișcare *dezordonată* a unei mișcări *ordonate* (care constituie curentul electric).

Datorită mișcării, electronii se ciocnesc de ionii rețelei cristaline a metalului. La fiecare ciocnire, caracterul ordonat dispare, deci ciocnirile determină existența opoziției conductorului la trecerea curentului electric. Rezistența electrică – mărimea asociată acestei proprietăți a conductorului – depinde deci de cât de dese sunt aceste ciocniri (de *frecvența ciocnirilor*): dacă ciocnirile sunt mai dese, rezistența este mai mare. Frecvența ciocnirilor depinde de:

- modul de dispunere spațială a ionilor (rezistența depinde de natura metalului);
- viteza electronilor (rezistența conductorului metalic crește la creșterea temperaturii).

În mod asemănător se petrec fenomenele și când conductorul este lichid sau gaz.

Dacă temperatura este foarte joasă, se constată că rezistența electrică scade foarte mult, devenind practic nulă. Acest fenomen, numit ***supraconductibilitate***, a fost descoperit în 1911 pentru mercur aflat la temperaturi mai mici de –269°C. Existența supraconductibilității a fost pusă ulterior în evidență și la temperaturi de până la –148 °C. Supraconductibilitatea poate deveni importantă din punct de vedere energetic dacă se va putea obține la temperaturi obișnuite.

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

Experimentul 6

Materiale necesare

Un generator electric, un ampermetru, un voltmetru, un conductor din crom-nichel sau din manganină cu lungimea de aproximativ 1 m.

Mod de lucru

- Realizează circuitul reprezentat în *figura 4.30* (acelaşi ca la *experimentul 5*).
- Cuplează conductorul între bornele **A** şi **B**.
- Modifică tensiunea aplicată conductorului, mărind-o treptat. Alege astfel valorile tensiunii încât, la început, conductorul să se încălzească foarte puţin. Înregistrează datele obţinute într-un tabel de forma:

Numărul măsurătorii	$U\ (V)$	$I\ (A)$	$R = \frac{U}{I}\ (\Omega)$

- Reprezintă grafic dependenţa intensităţii curentului de tensiunea aplicată.

Constatări

- Mărind tensiunea aplicată conductorului, creşte şi intensitatea curentului produs prin conductor.
- Dacă temperatura conductorului nu se modifică (sau se modifică foarte puţin), raportul dintre tensiune şi intensitate (adică rezistenţa conductorului) este aproximativ constant.
- Dacă tensiunile aplicate determină trecerea prin conductor a unor curenţi suficient de intenşi pentru a-l încălzi foarte mult, rezistenţa acestuia creşte la creşterea intensităţii curentului care îl străbate.
- Graficul obţinut are (aproximativ) forma celui din *figura 4.31*.

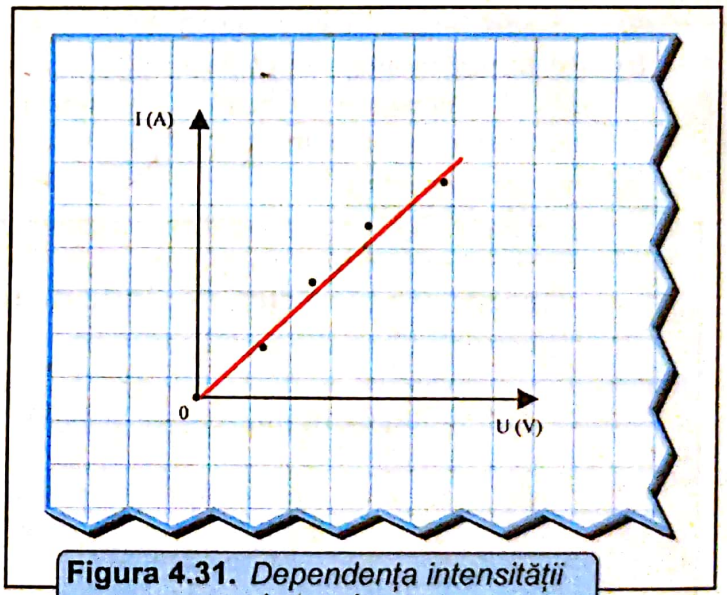


Figura 4.31. *Dependenţa intensităţii de tensiune*

Dacă se reia acest experiment folosind conductoare din *metale diferite*, constatările vor fi aceleaşi. Singurele diferenţe se referă la aspecte cantitative: valorile rezistenţei şi gradul în care aceasta se modifică la modificarea temperaturii.

Documentar

Creşterea rezistenţei electrice la creşterea temperaturii este caracteristică ***metalelor***.

Pentru alte materiale se constată că rezistenţa electrică poate să scadă la creşterea temperaturii.

Această comportare diferită se datorează creşterii numărului de purtători liberi de sarcină la creşterea temperaturii, fenomen care în metale nu se produce.

Scanned with OKEN Scanner

Concluzii

- Intensitatea curentului printr-un conductor metalic este direct proporţională cu tensiunea aplicată la capetele conductorului.
- Rezistenţa unui conductor metalic este aproximativ independentă de valoarea tensiunii aplicate conductorului (dacă variaţia temperaturii sale este mică), fiind deci *o caracteristică a conductorului.*
- Rezistenţa unui conductor metalic creşte la creşterea temperaturii sale.

Generalizarea acestor rezultate experimentale l-a condus pe Georg Ohm, în 1825, la formularea unei legi care astăzi îi poartă numele:

Legea lui Ohm pentru o porţiune de circuit (pentru un dipol pasiv)

Dacă la capetele unei porţiuni de circuit pasiv se aplică o tensiune, intensitatea curentului produs prin porţiunea respectivă de circuit este direct proporţională cu tensiunea aplicată.

Observaţii

- Afirmaţia „intensitatea este direct proporţională cu tensiunea pentru un conductor dat" este echivalentă cu afirmaţia „rezistenţa unui conductor este constantă".
- Legea lui Ohm este valabilă doar pentru conductoare *metalice* menţinute la *temperatură constantă*. Există şi unele lichide pentru care este valabilă legea lui Ohm.
- Directa proporţionalitate dintre intensitate şi tensiune în cazul metalelor, adică faptul că raportul acestor mărimi este constant, a fost unul dintre argumentele pentru necesitatea definirii mărimii fizice numite *rezistenţă electrică*.
- Relaţia $I = \frac{U}{R}$ este numită, în general, ***legea lui Ohm***, deşi legea lui Ohm afirmă – în plus – că rezistenţa este constantă (pentru un conductor dat).
- Relaţia dintre intensitate şi tensiune este, în acelaşi timp, o relaţie *cauzală*: tensiunea aplicată conductorului este *cauza*, iar intensitatea curentului este *efectul*.

Georg Simon Ohm

(1787 – 1854)

S-a născut la Erlangen (Germania) în 16 martie 1787.

Studii: matematică, fizică şi filosofie la Universitatea din Erlangen (întrerupte o perioadă din motive materiale); doctorat în 1813.

Activitatea ştiinţifică:

- a reuşit, ca profesor de gimnaziu real, cu aparatura rudimentară din diferite şcoli, să întreprindă studii importante în electricitate, acustică şi optică;
- în 1825 a studiat dependenţa intensităţii curentului de tensiune, descoperind şi factorii geometrici de care depinde raportul acestora; a publicat rezultatele abia în 1826 şi 1827; rezultatele sale au fost recunoscute însă ca valoroase abia după 1840.

A murit în 7 iulie 1854, ca profesor la Universitatea din München.

Pentru contribuţia sa la dezvoltarea electricităţii, unitatea de măsură pentru rezistenţă electrică – *ohm* – îi poartă numele.

Experimentul 7

Materiale necesare

Un generator electric, conductoare de legătură, un fir metalic din manganină (sau crom-nichel), de preferință spiralat.

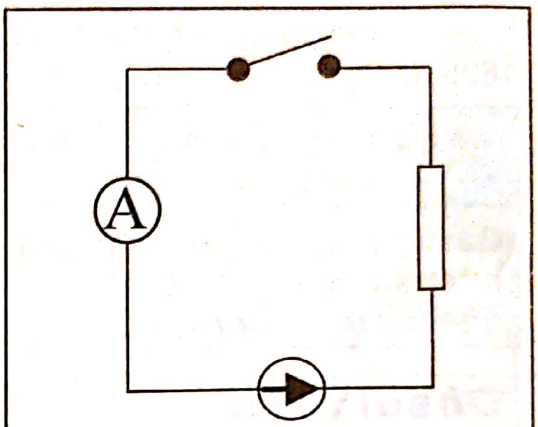


Figura 4.32.

Mod de lucru

- Realizează circuitul din *figura 4.32*, în care consumatorul este un fir metalic din manganină sau crom-nichel (de preferință spiralat).
- Închide întrerupătorul şi urmăreşte modificarea temperaturii conductorului.
- Repetă experimentul inversând sensul curentului prin consumator.

Constatări

- La trecerea curentului electric, consumatorul se încălzeşte.
- Încălzirea consumatorului nu depinde de sensul curentului electric.

Efectul Joule

Încălzirea conductoarelor ca urmare a trecerii curentului electric prin ele se numeşte *efect termic* al curentului electric.

A. Energia electrică pe o porțiune de circuit

Considerăm o porțiune de circuit (dipol pasiv) caracterizată prin rezistența R. Dacă acestui dipol i se aplică o tensiune U, atunci el va fi parcurs de un curent electric de intensitate I. Pentru deplasarea sarcinii electrice prin această porțiune de circuit se efectuează un lucru mecanic L (relația (4.9)). Ca urmare, dipolului i se transferă o energie $W = L$. Rezultă:

$$W = U \cdot I \cdot \Delta t$$

Cunoscând rezistența R a porțiunii de circuit

$$R = \frac{U}{I}$$

rezultă

$$(4.12) \quad W = R \cdot I^2 \cdot \Delta t \quad \text{şi} \quad W = \frac{U^2}{R} \Delta t$$

Scanned with OKEN Scanner

Energia transferată conductorului este transmisă de acesta mediului înconjurător sub formă de *energie termică* (căldură). Se utilizează expresia ***energie disipată*** pentru a descrie *împrăştierea* energiei în mediul înconjurător.

Relația (4.12.1) a fost pusă în evidență experimental de James Prescott Joule în 1840 şi este cunoscută în prezent sub denumirea de ***legea lui Joule***.

Legea lui Joule

Energia disipată pe o porțiune de circuit de rezistență R (dipol pasiv) într-un interval de timp Δt este direct proporțională cu:

- **pătratul intensității curentului,**
- **rezistența electrică şi**
- **intervalul de timp.**

B. Puterea electrică pe o porțiune de circuit

Puterea (P) este viteza de transfer a energiei:

$$P = \frac{W}{\Delta t} \qquad (4.13)$$

în care | W este energia transferată
| Δt este durata transferului de energie

Ecuația unității de măsură pentru putere este:

$$\langle P \rangle = \frac{J}{s} = W \ (watt) \qquad (4.14)$$

Puterea transferată porțiunii de circuit este:

$$P = \frac{W}{\Delta t} = U \cdot I \qquad (4.15)$$

Dacă porțiunea de circuit este un *dipol pasiv* cu rezistența R, atunci puterea disipată (***puterea termică***) este:

$$P = R \cdot I^2 \quad \text{şi} \quad P = \frac{U^2}{R} \qquad (4.16)$$

Exemplul 4

Pe soclul unui bec pentru lanterne este scris: 3,5 V; 0,2 A. Cât este puterea electrică necesară funcționării normale a becului şi cât este energia disipată într-o oră, în această situație?

Din relația (4.15) rezultă:

$$P = U \cdot I = 3{,}5\,V \cdot 0{,}2\,A = 0{,}7\,W$$

iar energia disipată:

$$W = P \cdot \Delta t = 0{,}7\,W \cdot 3\,600\,s = 2\,520\,J$$

Scanned with OKEN Scanner

Observație

Energiile electrice furnizate unor consumatori casnici şi industriali au, în general, valori foarte mari. De exemplu, un bec electric cu puterea nominală $P = 100\ W$, funcționând 8 ore, disipă o energie:

$$W = P \cdot \Delta t = 100\ W \cdot 8 \cdot 3\,600\ s = 2\,880\,000\ J$$

Pentru exprimarea mai convenabilă a valorii energiei, în practică se utilizează unitatea *kWh* (*kilowatt oră*). Valoarea acesteia este:

$$1\ kWh = 1\ kW \cdot 1\ h = 1\,000\ W \cdot 3\,600\ s = 3\,600\,000\ J = 3{,}6 \cdot 10^6\ J$$

Pentru exemplul considerat, rezultă astfel valoarea:

$$W = P \cdot \Delta t = 0{,}1\ kW \cdot 8\ h = 0{,}8\ kWh$$

C. Aplicații ale efectului termic

Efectul termic al curentului electric este utilizat în funcționarea multor aparate electrocasnice. Becul electric cu incandescență, fierul de călcat, radiatorul electric, uscătorul de păr, reşoul, perna electrică, prăjitorul electric de pâine, termoplonjorul sunt câteva dintre acestea.

Becul electric cu incandescență, inventat de americanul Thomas Alva Edison (1847-1931), este una dintre cele mai răspândite aplicații ale efectului termic al curentului electric (*figura 4.33*).

Componenta esențială a unui bec este ***filamentul***, care este realizat din tungsten (metal cu temperatură de topire foarte mare). Când este parcurs de curent electric, filamentul se încălzeşte datorită efectului termic. Filamentul devine astfel incandescent şi emite lumină.

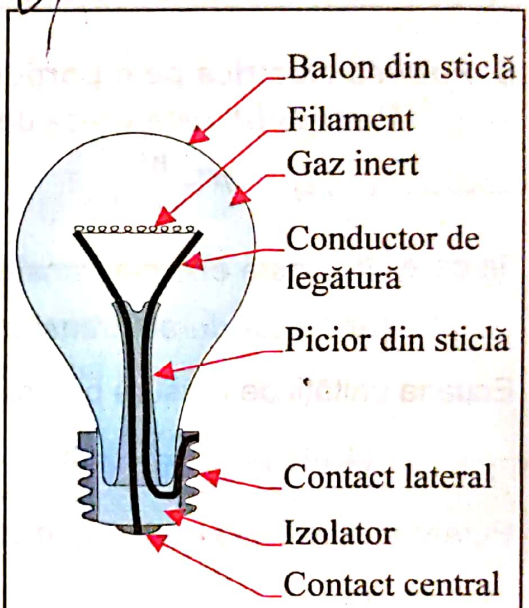


Figura 4.33. Becul electric

Documentar

Pentru încălzirea unei cantități mici de apă se poate folosi un termoplonjor (fierbător electric). Energia electrică consumată este

$$W_{electrică} = P_{electrică} \cdot \Delta t$$

Această energie este transferată apei sub formă de energie termică, cu un randament η cuprins, în general, între 70 % şi 90 %:

$$W_{termică} = \eta \cdot W_{electrică}$$

Energia termică primită de apă îi determină acesteia o anumită variație de temperatură:

$$\Delta\theta = \frac{W_{termică}}{m \cdot c}$$

în care
- m este masa apei
- c este căldura specifică a apei ($c = 4\,180$ J/kgK)

Se poate astfel calcula timpul necesar pentru a aduce la fierbere cantitatea de apă dată:

$$\Delta t = \frac{m \cdot c \cdot \Delta\theta}{P_{electrică} \cdot \eta}$$

Încearcă să realizezi un experiment care să-ți permită calcularea randamentului încălzirii apei prin utilizarea unui termoplonjor obişnuit.

Scanned with OKEN Scanner

Probleme

1 Pe un bec de lanternă este scris: 0,2 A; 6,3 V. Se cuplează becul la un generator electric astfel încât să funcţioneze normal. Calculează:

a) sarcina electrică ce trece prin filamentul becului în 10 minute;

b) energia electrică primită de bec într-o oră de funcţionare;

c) rezistenţa electrică a filamentului.

2 Pe un bec este scris; 100 W; 220 V. Se alimentează becul de la reţea becul, astfel încât să funcţioneze normal. Calculează:

a) energia consumată într-o lună (30 de zile), dacă în fiecare zi funcţionează (în medie) 6 ore;

b) costul energiei consumate, considerând preţul maxim de facturare;

c) sarcina electrică ce trece prin filamentul becului într-o lună.

3 Pe aparatele electrice sunt înscrise valorile nominale ale tensiunii şi ale puterii consumate. Calculează valorile nominale ale rezistenţei şi ale intensităţilor pentru fiecare dintre următoarele aparate electrice:

Consumator	Tensiune (V)	Putere (W)
Bec	24	20
Bec	220	60
Radiator	220	2 000

Consumator	Tensiune (V)	Putere (W)
Reşou	220	1 000
Fier de călcat	220	800
Televizor	220	200

4 Citeşte notaţiile de pe aparatele electrocasnice din locuinţa ta.

a) Calculează puterea totală consumată atunci când toate aparatele din locuinţă sunt în stare de funcţionare.

b) Apreciază consumul lunar de energie electrică din locuinţă luând în considerare intervalele medii de timp în care aparatele funcţionează zilnic.

c) Care este costul energiei consumate lunar, conform acestui calcul? Cconsideră preţul actual al energiei electrice.

5 Într-o locuinţă există un număr de 4 becuri fluorescente de 20 W şi becuri cu incandescenţă: 5 becuri de 40 W, 5 becuri de 60 W şi 4 becuri de 75 W.

a) Cât este puterea consumată dacă toate becurile funcţionează simultan?

b) Cât este consumul de energie electrică lunar care revine becurilor, dacă ele funcţionează un interval de timp mediu de 4 ore pe zi?

c) Becurile moderne furnizează aceeaşi putere luminoasă consumând o putere electrică de circa 6 ori mai mică. Cât ar fi energia electrică economisită lunar prin înlocuirea becurilor cu incandescenţă (clasice) cu becuri moderne? Ce economie s-ar realiza lunar la plata energiei electrice? Se consideră că după înlocuire se obţine aceeaşi putere luminoasă.

6 Două rezistoare au valorile nominale $U_1 = 6$ V şi $P_1 = 6$ W, respectiv $R_2 = 2\ \Omega$ şi $I_2 = 2$ A.

a) Calculează valorile intensităţii şi rezistenţei în regim de funcţionare normală pentru rezistorul R_1.

b) Calculează valorile tensiunii nominale şi puterii nominale pentru rezistorul R_2.

7 Ce randament are un încălzitor electric care, alimentat la 220 V şi având rezistenţa electrică (nominală) $R = 400\ \Omega$, încălzeşte în 54 min un volum de 1 l de apă ($c = 4200$ J/kgK) de la 30°C la temperatura de fierbere?

Scanned with OKEN Scanner

Experimentul 8

Materiale necesare

O baterie, un ac magnetic, un întrerupător, conductoare de legătură.

Mod de lucru

- Realizează montajul din *figura 4.34*. Aşază un mic ac magnetic, care se poate roti, în preajma unui conductor ce poate fi străbătut de curent electric. Orientează conductorul astfel încât să fie paralel cu direcţia acului magnetic.
- Închide circuitul şi observă noua orientare a acului magnetic (direcţia şi sensul).
- Repetă experimentul inversând sensul curentului electric prin conductor. Ce observi?

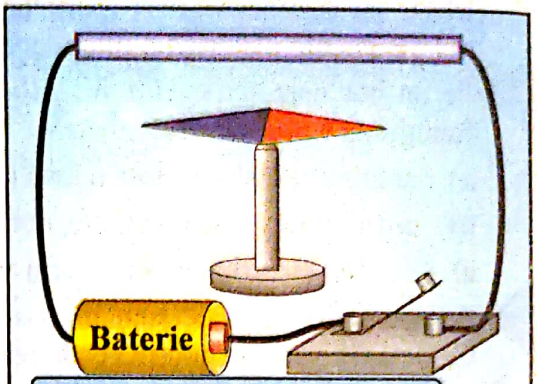


Figura 4.34. *Circuit deschis*

Constatări

- Curentul electric acţionează asupra acului magnetic.
- Sensul de deviaţie al acului magnetic depinde de sensul curentului electric.

Concluzii

- Curentul electric are un efect magnetic.
- Efectul magnetic al curentului electric depinde de sensul curentului electric.

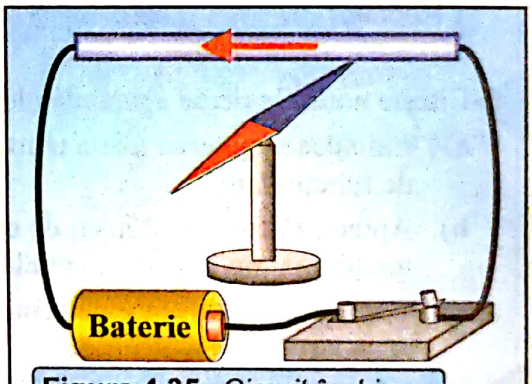


Figura 4.35. *Circuit închis*

Aplicaţii ale efectului magnetic

Experimentul 9

Materiale necesare

O baterie, un cui de fier cu lungimea de aproximativ 10 cm, conductoare de legătură cu izolaţie şi un număr oarecare de cuie mici (ace, agrafe).

Mod de lucru

- Înfăşoară pe cui unul dintre conductoare şi realizează circuitul din *figura 4.36*.
- Apropie un capăt al cuiului de ace.
- Închide circuitul. Ce observi?
- Deschide circuitul. Ce observi?

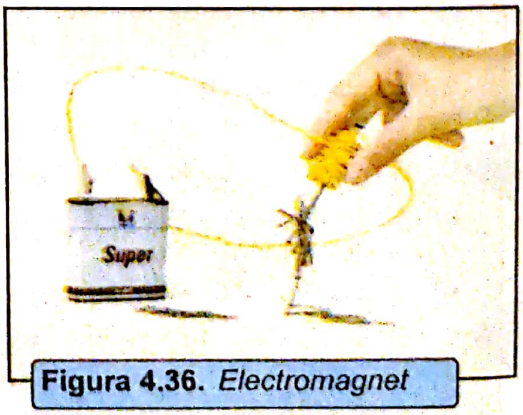


Figura 4.36. *Electromagnet*

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

Constatări

- La închiderea circuitului, cuiul atrage acele (agrafele, cuiele mici).
- La deschiderea circuitului, atracţia încetează.

Concluzii

- După închiderea circuitului, cuiul se *magnetizează* (capătă proprietăţi magnetice, adică atrage corpuri care conţin fier).
- După deschiderea circuitului, cuiul se *demagnetizează* (dispar proprietăţile lui magnetice).

Electromagnet, miez

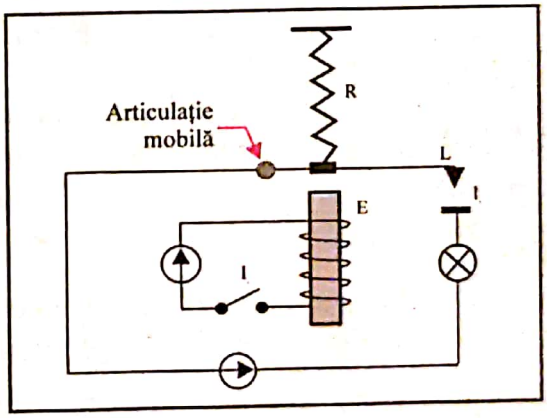
Un sistem format dintr-un conductor izolat, înfăşurat pe corp din fier este numit electromagnet.

Corpul din fier se numeşte miez.

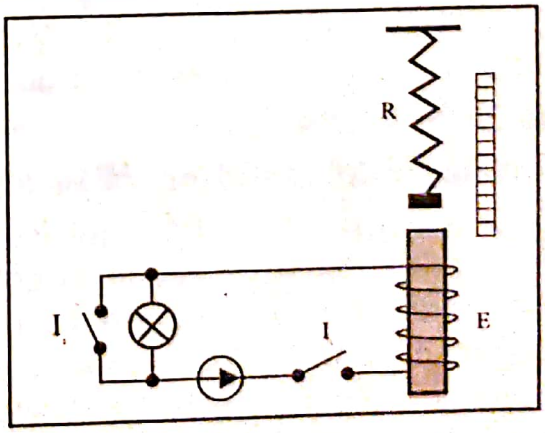
Electromagneţii sunt utilizaţi în construcţia electromacaralelor, a soneriilor, a motoarelor electrice, a unor aparate de măsură etc.

Probleme

1. În figura alăturată, L reprezintă o lamelă metalică, E – un electromagnet şi R – un resort.
   a) Ce se întâmplă dacă se închide întrerupătorul I_1?
   b) Ce aplicaţii poate avea un astfel de circuit ce conţine un electromagnet?



2. Dacă atârnăm de resort un cui de masă m = 10,2 g, resortul se deformează cu $\Delta\ell$. Prin închiderea întrerupătorului I_1, din circuitul ce conţine electromagnetul, deformarea devine $3\Delta\ell$.
   a) Cât este greutatea cuiului?
   b) Cât este forţa de atracţie exercitată de electromagnet?
   c) Se măreşte sau se micşorează deformarea resortului dacă:
   - se închide şi întrerupătorul I_2?
   - se schimbă sensul curentului prin circuit?



Experimentul 10

Materiale necesare

Un vas din sticlă (electrolizor, cuvă electrolitică), apă distilată, sulfat de cupru, generator, conductoare de legătură, bec electric.

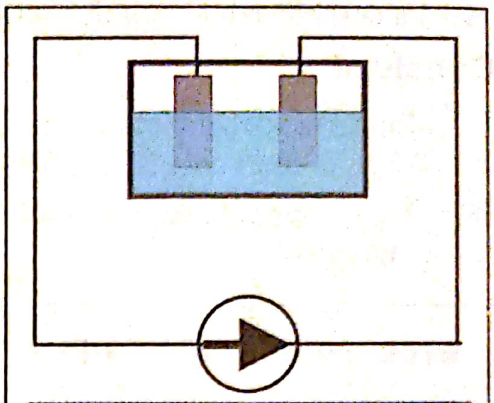


Figura 4.37. *Schema circuitului pentru electroliză*

Mod de lucru

- Realizează circuitul reprezentat în *figura 4.37*. Toarnă în electrolizor apă distilată şi închide circuitul. Urmăreşte indicaţiile ampermetrului.
- Menţinând închis circuitul, toarnă în apă sulfat de cupru. Urmăreşte indicaţiile ampermetrului şi ce se întâmplă la electrozi.

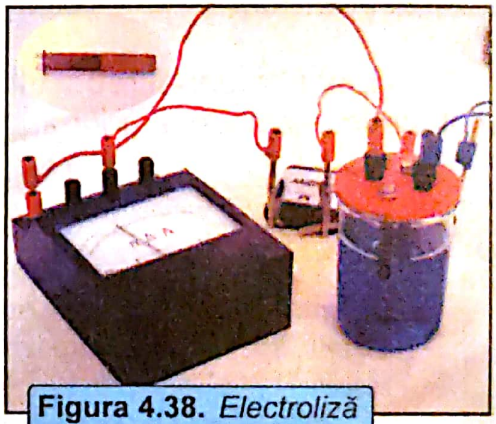


Figura 4.38. *Electroliză*

Constatări

- Prin apa distilată nu trece curentul electric.
- După dizolvarea sulfatului de cupru, apa devine conductoare.
- La electrodul pozitiv (***anod***) se formează bule de gaz.
- La electrodul negativ (***catod***) apar depuneri de substanţe (*figura 4.38*).
- Dacă procesul este lăsat să dureze mai mult, depunerea respectivă devine roşiatică (substanţa care se depune este *cupru*).

Concluzii

- Deoarece prin apa distilată nu trece curentul, deşi electrozii sunt conectaţi la generator, rezultă că nu există purtători liberi de sarcină, adică *în apa distilată nu există ioni liberi.*
- După dizolvarea sulfatului de cupru, în apă apar ioni. Se poate arăta că aceştia se formează *indiferent de starea circuitului electric* (*închis* sau *deschis*).
- Grosimea stratului de substanţă depus la anod creşte la creşterea duratei procesului.

Explicaţii

În *experimentul 10* se evidenţiază, de fapt, două fenomene diferite:

- ***Descompunerea*** substanţei în ioni. Acest proces se petrece în timpul dizolvării substanţei ionice în solvent (în cazul experimentului, în timpul dizolvării sulfatului de cupru în apă).
- ***Deplasarea*** ionilor spre electrozi. Acest proces este urmat, la contactul ionilor cu electrozii, de ***neutralizarea*** ionilor. Atomii astfel formaţi (sau grupările neutre de atomi) ***se depun*** pe electrozi sau ***se degajă*** în spaţiu (în funcţie de starea de agregare a substanţei).

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

Disociația electrolitică, electrolitul

Procesul în care moleculele se descompun în ioni este numit *disociație electrolitică*; substanța aflată într-o astfel de stare se numește *electrolit*.

Electroliza

Procesul care se petrece sub acțiunea curentului electric și constă în deplasarea ionilor din electrolit spre electrozi, urmată de neutralizarea lor la contactul cu aceștia, se numește electroliză.

Aplicații ale efectului chimic

Depunerea cuprului la anod (observată în *experimentul 10*) a sugerat o serie de aplicații industriale ale electrolizei:

- obținerea unor metale prin separarea lor din compuși ionici;
- acoperirea unor metale cu un strat subțire din alt metal (***galvanostegia***);
- reproducerea în relief a unor obiecte (***galvanoplastia***).

Electroliza permite *obținerea metalelor* cu o puritate *deosebită* deoarece se face separarea componentelor aflate în electrolit la nivel de atom.

În același timp însă, tehnologiile bazate pe electroliză sunt puternic ***energofage*** (mari consumatoare de energie) deoarece curenții folosiți au intensități foarte mari. Rezultă astfel că sunt convenabil de utilizat tehnologiile bazate pe electroliză doar pentru metalele a căror puritate în aplicațiile ulterioare este vitală sau în cazul în care alte tehnologii sunt mai costisitoare.

Metalele obținute industrial prin electroliză sunt, în principal, cuprul și aluminiul (*figura 4.39. A* și, respectiv, *B*). Ambele metale se folosesc în electrotehnică (conductoare electrice). Puritatea foarte mare asigură o rezistență electrică mică pentru conductoarele realizate din aceste metale.

Galvanostegia este folosită pentru protejarea unor obiecte metalice. În funcție de metalul folosit pentru acoperire, procedeele respective se numesc: cromare, nichelare, argintare, aurire (*figura 4.39.C*).

Galvanoplastia permite obținerea unor „măști" metalice prin depunerea metalelor pe un suport temporar (de exemplu, ceară impregnată cu grafit, care apoi este îndepărtată prin topire).

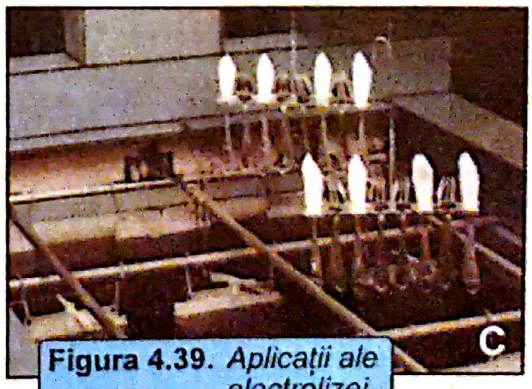


Figura 4.39. *Aplicații ale electrolizei*

Scanned with OKEN Scanner

Test

1. În cazul electrizării prin frecare:
   a) sticla se încarcă întotdeauna pozitiv;
   b) sticla se încarcă întotdeauna negativ;
   c) cele două corpuri se încarcă cu sarcini electrice de semne contrare;
   d) cele două corpuri se încarcă cu sarcini electrice de acelaşi semn;
   e) ebonita se încarcă întotdeauna negativ.
2. După electrizarea prin contact:
   a) sticla este încărcată întotdeauna pozitiv;
   b) sticla este încărcată întotdeauna negativ;
   c) cele două corpuri sunt încărcate cu sarcini electrice de semne contrare;
   d) cele două corpuri sunt încărcate cu sarcini electrice de acelaşi semn;
   e) ebonita este încărcată întotdeauna negativ.
3. În cazul electrizării prin influenţă:
   a) sticla se încarcă întotdeauna pozitiv;
   b) corpul electrizat îşi modifică sarcina electrică totală;
   c) corpul electrizat nu-şi modifică sarcina electrică totală;
   d) între cele două corpuri se produc interacţiuni prin forţe de respingere;
   e) corpul electrizat se încarcă la extremităţi cu sarcini electrice de acelaşi semn.
4. Sarcina electrică:
   a) depinde numai de mărimea corpului electrizat;
   b) este întotdeauna pozitivă;
   c) este întotdeauna negativă;
   d) poate lua orice valoare pozitivă sau negativă;
   e) este întotdeauna egală cu un multiplu de sarcini elementare.
5. Pentru a explica electrizarea corpurilor, se presupune că:
   a) la electrizarea prin frecare, electronii se redistribuie pe cele două corpuri;
   b) la electrizarea prin influenţă, electronii trec de pe un corp pe altul;
   c) la electrizarea prin contact, electronii se redistribuie pe cele două corpuri;
   d) la electrizarea prin contact, electronii trec de pe un corp pe altul;
   e) la electrizarea prin influenţă a unui corp, corpul „pierde" sau „câştigă" electroni.
6. Curentul electric:
   a) trece prin orice circuit electric;
   b) reprezintă întotdeauna mişcarea dirijată a electronilor;
   c) reprezintă întotdeauna mişcarea dirijată a ionilor;
   d) este o mişcare a sarcinilor electrice;
   e) este o mişcare dirijată a sarcinilor electrice.
7. Conform legii lui Ohm pentru o porţiune de circuit:
   a) rezistenţa electrică este direct proporţională cu tensiunea electrică;
   b) intensitatea este invers proporţională cu tensiunea electrică;
   c) intensitatea este direct proporţională cu rezistenţa electrică;
   d) intensitatea este direct proporţională cu tensiunea electrică;
   e) rezistenţa electrică este invers proporţională cu intensitatea electrică.

Cascadă 8 - 9: La bornele unei porţiuni de circuit este aplicată tensiunea U = 24 V.

8. Sarcina electrică ce trece prin circuit când se efectuează un lucru mecanic L = 120 J este de:
   a) 5 C;
   b) 0,5 C;
   c) 0,05 C;
   d) 2 880 C;
   e) 288 C.
9. Dacă lucrul mecanic se efectuează în 10 s, intensitatea curentului electric este de:
   a) 5 A;
   b) 0,5 A;
   c) 0,05 A;
   d) 2 880 A;
   e) 288 A.

5

REȚELE ELECTRICE

- Circuitul simplu
- Circuitul ramificat

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

5.1 Tensiunea electromotoare

Bilanțul energetic într-un circuit închis

Pentru menținerea curentului electric în circuit, generatorul efectuează *lucru mecanic* asupra purtătorilor liberi de sarcină. Această *energie, transferată de generator* purtătorilor de sarcină, este transferată de aceştia, mai departe, conductorului prin care trec. Ambele transferuri de energie au loc în toate porțiunile circuitului, deci atât în *circuitul exterior*, cât şi în *circuitul interior*.

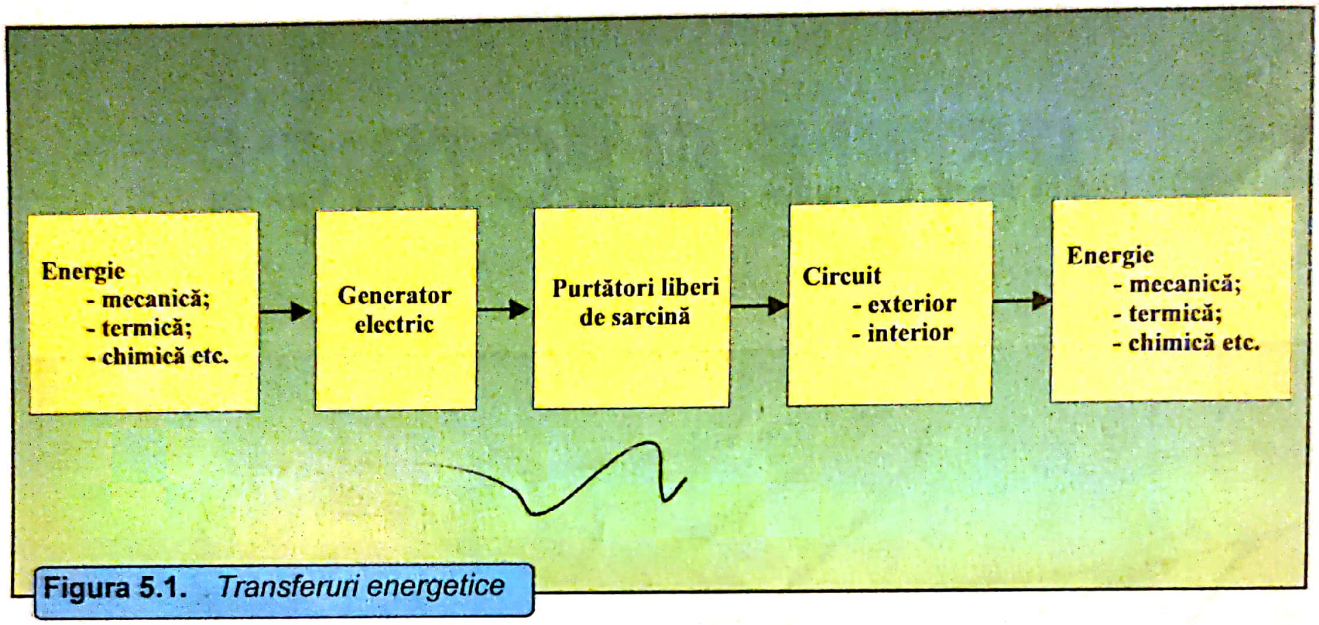


Figura 5.1. *Transferuri energetice*

Transferuri asemănătoare de energie au loc, de exemplu, şi într-un *circuit hidraulic*: pompa trebuie să efectueze lucru mecanic asupra lichidului pentru a-l menține în curgere prin conducte, iar acesta efectuează lucru mecanic asupra pereților conductei (prin intermediul forțelor de frecare) sau asupra eventualelor turbine existente în circuit.

Fie un circuit electric format doar dintr-un singur generator şi un singur consumator (*figura 5.2*). Un astfel de circuit este cunoscut sub denumirea de ***circuit simplu***.

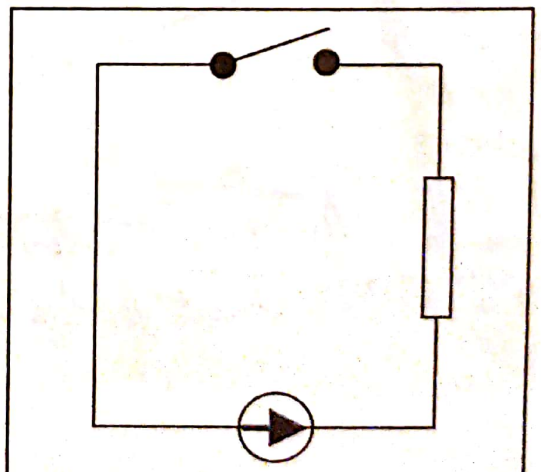


Figura 5.2. *Circuit simplu*

Energia furnizată circuitului de către generator (W_{gen}) se repartizează astfel:

$$W_{gen} = W_{ext} + W_{int} \quad (5.1)$$

în care
- W_{ext} este energia furnizată de generator porțiunii exterioare a circuitului;
- W_{int} este energia furnizată de generator porțiunii interioare a circuitului.

Relația (5.1) exprimă ***bilanțul energetic*** pentru circuitul simplu.

Tensiunea electromotoare, tensiunea la borne, tensiunea interioară

Din *paragraful 4.4* a rezultat că energia transferată purtătorilor de sarcină mobili, a căror mişcare formează curentul electric, este:

(5.2) $W = Q \cdot U$

în care
- Q este sarcina transportată de curentul electric;
- U este tensiunea electrică dintre capetele porțiunii de circuit respective.

Împărțind relația (5.1) la sarcina transportată prin circuit pe durata efectuării acestor transferuri de energie, se obține:

(5.3) $$\frac{W_{gen}}{Q} = \frac{W_{ext}}{Q} + \frac{W_{int}}{Q}$$

Din relația (5.2) rezultă că termenul $\frac{W_{ext}}{Q}$ este tensiunea de la bornele *consumatorului*. Această tensiune coincide, în cazul circuitului simplu, cu tensiunea de la bornele *generatorului*, numită ***tensiune la borne***:

(5.4) $$U_b = \frac{W_{ext}}{Q}$$

Analog, şi ceilalți doi termeni din (5.3), sunt tot tensiuni şi se măsoară în volți.

Tensiunea interioară (u)

Tensiunea interioară este egală cu raportul dintre energia furnizată de generator circuitului interior, într-un interval de timp oarecare, şi sarcina ce trece prin circuit în acel interval de timp:

(5.5) $$u = \frac{W_{int}}{Q}$$

Tensiunea interioară este numeric egală cu energia transferată circuitului interior pe durata trecerii prin circuit a unei sarcini electrice de 1 C.

Tensiunea electromotoare (E)

Tensiunea electromotoare (t.e.m.) este egală cu raportul dintre energia furnizată de generator întregului circuit, într-un interval de timp oarecare, şi sarcina ce trece prin circuit în acel interval de timp:

(5.6) $$E = \frac{W_{gen}}{Q}$$

Tensiunea electromotoare este numeric egală cu energia transferată întregului circuit pe durata trecerii prin circuit a unei sarcini electrice de 1 C.

Pentru un circuit simplu, din relațiile (5.3), (5.4), (5.5) şi (5.6) se obține:

(5.7) $E = U_b + u$

Această relație exprimă ***bilanțul tensiunilor*** într-un circuit electric simplu.

Tensiunea electromotoare este o *caracteristică constructivă a fiecărui generator*, depinzând însă şi de *condițiile de funcționare* (de exemplu, în cazul unui dinam, de viteza de rotație a rotorului).

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

5.2 Legea lui Ohm pentru întregul circuit

Considerăm un circuit simplu. Pentru un astfel de circuit, bilanțul tensiunilor este dat de (5.7):

$$E = U_b + u$$

Împărțind relația la intensitatea curentului din circuit, se obține:

$$(5.8) \qquad \frac{E}{I} = \frac{U_b}{I} + \frac{u}{I}$$

Conform relației de definiție a rezistenței electrice (4.10), termenul $\frac{U_b}{I}$ reprezintă rezistența consumatorului (rezistența circuitului exterior):

$$(5.9) \qquad R = \frac{U_b}{I}$$

Analog se definește ***rezistența interioară a generatorului***:

$$(5.10) \qquad r = \frac{u}{I}$$

Semnificația acestei mărimi fizice este aceeași ca și pentru rezistența unui consumator: opoziția la trecerea curentului este manifestată însă, în acest caz, de conductoarele din *interiorul generatorului.*

Înlocuind relațiile (5.9) și (5.10) în (5.8), rezultă:

$$I = \frac{E}{R + r}$$

Acest rezultat este cunoscut sub numele de ***legea lui Ohm pentru un circuit simplu*** sau ***legea lui Ohm pentru întregul circuit***.

Legea lui Ohm pentru întregul circuit

Intensitatea curentului printr-un circuit simplu este direct proporțională cu t.e.m. a generatorului din circuit și invers proporțională cu suma dintre rezistența interioară a generatorului și rezistența circuitului exterior:

$$(5.11) \qquad I = \frac{E}{R + r}$$

Observații

- Dacă rezistența circuitului exterior devine nulă, doar rezistența interioară a generatorului se mai opune trecerii curentului electric. Intensitatea curentului din circuit devine astfel *maximă*. Se spune, în acest caz, că generatorul este ***scurtcircuitat***.
- Dacă circuitul exterior se întrerupe (circuit deschis), rezistența circuitului exterior devine infinită, iar intensitatea curentului devine zero.

Exemplul 1

Un generator are t.e.m. $E = 60\ V$ şi rezistenţa interioară $r = 1\ \Omega$. La bornele sale se conectează, pe rând, patru consumatoare cu rezistenţele $R_1 = 9\ \Omega$, $R_2 = 19\ \Omega$, $R_3 = 29\ \Omega$ şi, respectiv, $R_4 = 39\ \Omega$.

a) Calculează intensitatea curentului din circuit în fiecare dintre cele patru cazuri.

b) Ce se întâmplă dacă rezistenţa circuitului exterior devine nulă?

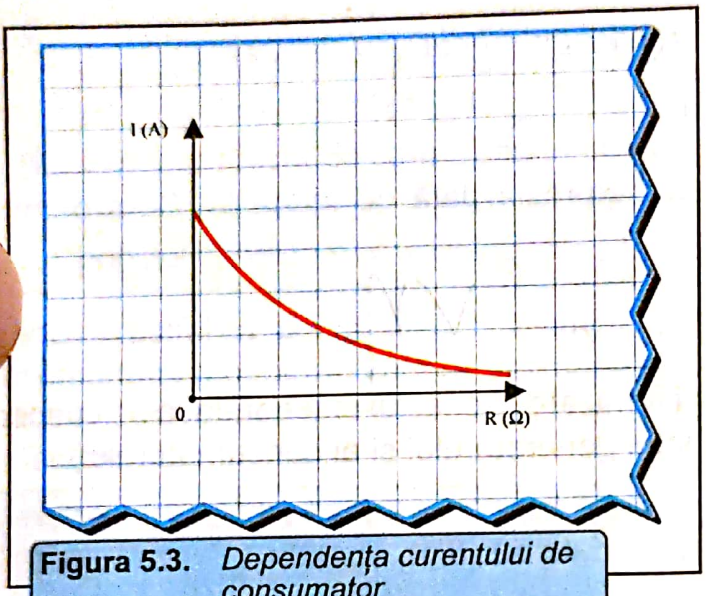


Figura 5.3. *Dependenţa curentului de consumator*

Dacă vei face calculele şi pentru alte valori ale rezistenţei circuitului exterior şi apoi vei reprezenta grafic dependenţa intensităţii curentului de rezistenţa circuitului exterior, vei obţine curba din *figura 5.3.*

Analizând rezultatele, poţi observa că, la creşterea rezistenţei, intensitatea curentului scade. Când rezistenţa circuitului exterior devine nulă, intensitatea are valoarea maximă:

$$I_0 = \frac{E}{r} \qquad (5.12)$$

Această valoare a intensităţii curentului se numeşte ***curent de scurtcircuit***.

Majoritatea generatoarelor nu „rezistă" să funcţioneze în scurtcircuit deoarece curentul prea intens poate determina distrugerea conductoarelor din interiorul lor.

Tema 1

1. Un circuit simplu este format dintr-un generator ($E = 20\ V$, $r = 0{,}5\ \Omega$) şi un consumator ($R = 4{,}5\ \Omega$). Calculează:
   - **a)** intensitatea curentului din circuit;
   - **b)** tensiunea de la bornele consumatorului;
   - **c)** tensiunea de la bornele generatorului;
   - **d)** tensiunea interioară;
   - **e)** puterea disipată pe consumator;
   - **f)** intensitatea curentului de scurtcircuit pentru acest generator.
2. Tensiunea de la bornele consumatorului dintr-un circuit simplu are valoarea $U = 29{,}4\ V$. Ştiind că generatorul are t.e.m. $E = 30\ V$ şi rezistenţa interioară $r = 0{,}2\ \Omega$, calculează:
   - **a)** tensiunea interioară;
   - **b)** intensitatea curentului din circuit;
   - **c)** rezistenţa consumatorului;
   - **d)** puterea disipată pe consumator;
   - **e)** energia disipată de consumator în 10 minute;
   - **f)** intensitatea curentului de scurtcircuit pentru acest generator.

Scanned with OKEN Scanner

5.3 Energia şi puterea în circuitul simplu

Circuitul exterior

Am văzut, în *paragraful 4.4*, că energia disipată pe consumator este:

(5.13) $W_{ext} = U \cdot Q = U \cdot I \cdot \Delta t$

iar în cazul în care consumatorul este caracterizat numai prin rezistență:

(5.14) $W_{ext} = R \cdot I^2 \cdot \Delta t$ şi $W_{ext} = \frac{U^2}{R} \Delta t$.

Dacă în (5.14.1) înlocuim intensitatea cu expresia dată de legea lui Ohm pentru întregul circuit, se obține:

(5.15) $W_{ext} = \frac{R \cdot E^2}{(R+r)^2} \Delta t$

Relația (5.15) permite calcularea energiei furnizate circuitului exterior dacă se cunosc datele *constructive* ale circuitului (parametrii generatorului şi ai consumatorului).

Circuitul interior

Conform definiției tensiunii interioare date de (5.5), rezultă:

(5.16) $W_{int} = u \cdot Q = u \cdot I \cdot \Delta t$

Înlocuind în această relație fie I, fie u din (5.10) – relația de definiție a rezistenței interioare –, rezultă:

(5.17) $W_{int} = r \cdot I^2 \cdot \Delta t$ şi $W_{int} = \frac{u^2}{R} \Delta t$

Dacă în (5.17.1) înlocuim intensitatea cu expresia dată de legea lui Ohm pentru întregul circuit, se obține:

(5.18) $W_{int} = \frac{r \cdot E^2}{(R+r)^2} \Delta t$

Relația (5.18) permite calcularea energiei furnizate circuitului interior dacă se cunosc datele *constructive* ale circuitului (parametrii generatorului şi ai consumatorului).

Circuitul întreg

Din (5.6) – definiția t.e.m. – rezultă:

(5.19) $W_{gen} = E \cdot Q = E \cdot I \cdot \Delta t$

Înlocuind fie E, fie I din legea lui Ohm pentru întregul circuit, rezultă:

(5.20) $W_{gen} = (R+r) \cdot I^2 \cdot \Delta t$

(5.21) $W_{gen} = \frac{E^2}{R+r} \Delta t$

Relația (5.21) permite calcularea energiei furnizate întregului circuit dacă se cunosc datele *constructive* ale circuitului (parametrii generatorului şi ai consumatorului).

Scanned with OKEN Scanner

Împărțind fiecare dintre relațiile (5.13)...(5.21) la durata Δt a transferului de energie, se obțin puterile respective. Expresiile puterilor în funcție de datele constructive ale circuitului sunt:

$$(5.22) \quad P_{gen} = \frac{E^2}{R+r}; \quad P_{ext} = R\frac{E^2}{(R+r)^2}; \quad P_{int} = r\frac{E^2}{(R+r)^2}$$

Observații

- Din punctul de vedere al *utilizării* acestor energii, se constată că ***energia utilă*** din circuitul electric este cea care „ajunge" la consumator, adică energia disipată pe circuitul exterior (W_{ext}).
- ***Energia totală*** de care dispune circuitul este cea furnizată de generator (W_{gen}). Din această energie, o parte **NU** este furnizată circuitului exterior (W_{int}), fiind, din punctul de vedere al utilizării, ***energie pierdută***.

Rezultă astfel că, pentru un circuit simplu, poate fi definită mărimea fizică ***randament***, asemănător modului în care se definește și pentru diferite mecanisme simple (raportul dintre lucrul mecanic util și lucrul mecanic consumat pentru a produce acel lucru mecanic util).

Randamentul circuitului electric simplu (η)

Randamentul unui circuit electric simplu este o mărime fizică egală cu raportul dintre energia utilă din circuit (energia furnizată consumatorului) și energia electrică totală din circuit (energia dată de generator întregului circuit):

$$(5.23) \quad \eta = \frac{W_{ext}}{W_{gen}}$$

Randamentul arată ce *fracțiune* din energia disponibilă în sistem este *utilă*. Randamentul este o mărime adimensională.

Expresia randamentului circuitului electric simplu în funcție de parametrii constructivi ai acestuia se poate obține înlocuind expresiilor energiilor din (5.23). Cel mai simplu este dacă se utilizează expresiile din (5.14.1) și, respectiv, (5.20). Rezultă:

$$(5.24) \quad \eta = \frac{R}{R+r}$$

Observații

- Așa cum am văzut și în studiul mecanismelor simple, randamentul este întotdeauna o mărime subunitară (energia utilă este întotdeauna mai mică decât cea din care provine, respectiv energia consumată pentru a produce energia utilă).
- Pentru un generator dat (rezistența r fixată), randamentul crește la creșterea rezistenței consumatorului.
- Pentru un consumator dat (rezistența R fixată), randamentul crește la micșorarea rezistenței interioare a generatorului.

Scanned with OKEN Scanner

Exemplul 2

Un circuit electric cuprinde un generator ($E = 2V$, $r = 0{,}5\,\Omega$) şi un rezistor ($R = 9{,}5\,\Omega$). Să se calculeze:

a) puterea electrică disipată pe circuitul exterior;
b) puterea electrică disipată pe circuitul interior;
c) puterea electrică totală furnizată de generator.
d) Ce relație există între valorile puterilor obținute la punctele anterioare?

Rezolvare

a) Puterea disipată pe circuitul exterior este:

$$P = R \cdot I^2$$

Conform legii lui Ohm pentru un circuit simplu:

$$I = \frac{E}{R + r}$$

Deci:

$$P = R \frac{E^2}{(R + r)^2}$$

Înlocuind cu valorile, rezultă:

$$P = 0{,}38\,W$$

b) Puterea electrică disipată pe circuitul interior este:

$$P_{int} = r \cdot I^2$$

Înlocuind expresia intensității curentului, rezultă:

$$P_{int} = r \frac{E^2}{(R + r)^2}$$

Înlocuind cu valorile, rezultă:

$$P_{int} = 0{,}02\,W$$

c) Puterea totală furnizată de generator este:

$$P_{gen} = E \cdot I$$

Înlocuind cu valorile, rezultă:

$$P_{gen} = 0{,}4\,W$$

d) Se observă că valorile puterilor verifică relația:

$$P_{gen} = P_{ext} + P_{int} \quad (5.25)$$

Această relație exprimă ***bilanțul puterilor în circuitul electric simplu***. Ea este analogă relației (5.1). Atât (5.1), cât şi (5.25) afirmă ***conservarea energiei*** într-un circuit electric: energia (puterea) disipată de sistem este primită de la generator.

Observație

În analiaza unui circuit electric simplu, relația (5.25) este folosită, de obicei, după aflarea valorilor termenilor pe care îi cuprinde, pentru verificarea calculelor.

Scanned with OKEN Scanner

Exemplul 3

La bornele unui generator având t.e.m. $E = 100V$ şi rezistenţa interioară $r = 20\Omega$, se conectează, pe rând, rezistoare cu rezistenţe diferite (date în tabelul de mai jos).

a) Să se calculeze puterea disipată pe circuitul exterior şi să se completeze tabelul.

b) Să se reprezinte grafic, folosind datele din tabel, puterea disipată pe circuitul exterior în funcţie de rezistenţa acestuia.

c) Analizând valorile din tabel, să se indice:

c_1) între ce limite poate fi puterea furnizată circuitului exterior;

c_2) ce relaţie ar putea exista între rezistenţa circuitului exterior şi rezistenţa interioară atunci când circuitul exterior primeşte o putere maximă;

c_3) perechilor de valori ale rezistenţei circuitului exterior pentru care se transferă acestuia aceeaşi putere; o eventuală corelaţie între valorile acestor perechi.

$R\ (\Omega)$	5	10	15	20	25	30	35	40	60	80
$P\ (W)$										

Rezolvare

a) Puterea disipată pe circuitul exterior este:

$$P = R\frac{E^2}{(R+r)^2}$$

Rezultă valorile (aproximate):

$R\ (\Omega)$	5	10	15	20	25	30	35	40	60	80
$P\ (W)$	80	111	122	125	124	120	116	111	94	80

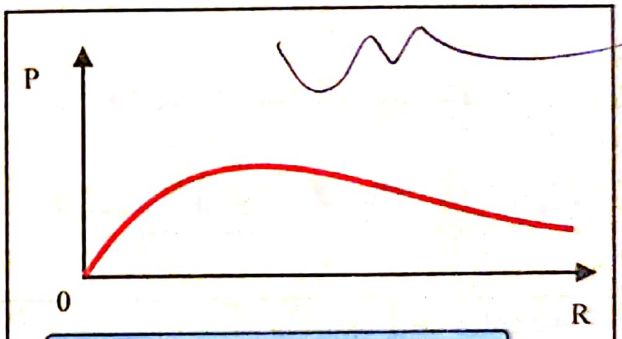


Figura 5.4. *Puterea exterioară*

b) Reprezentarea grafică a puterii transmise circuitului exterior este dată în *figura 5.4.*

c_1) Puterea transmisă circuitului exterior poate lua valori între zero (valoarea minimă) şi *125 W* (valoarea maximă).

c_2) Se constată că valoarea maximă a puterii se obţine pentru $R = r$. Rezultă astfel că:

$$P_{max} = \frac{E^2}{4r} \qquad (5.26)$$

c_3) Se observă că printre valorile din tabel ale puterii sunt valori care se repetă. Acestea sunt: $80\ W$ (pentru $R_1 = 5\ \Omega$, $R_2 = 80\ \Omega$), $111\ W$ (pentru $R_1 = 10\ \Omega$, $R_2 = 40\ \Omega$). Se poate observa că, în cazul ambelor perechi de valori, există aceeaşi legătură între cele două valori ale rezistenţei circuitului exterior şi rezistenţa interioară:

$$R_1 \cdot R_2 = r^2 \qquad (5.27)$$

Tema 2

Folosind relaţia (5.22.2), încearcă să demonstrezi relaţiile (5.26) şi (5.27).

Scanned with OKEN Scanner

5.4 Teoremele lui Kirchhoff

Circuite ramificate

În general, circuitele electrice nu sunt formate dintr-un singur generator şi un singur consumator. În *figura 5.5* poţi observa un circuit **ramificat**, care conţine mai multe generatoare şi consumatoare. Pentru un astfel de circuit, în mod evident, nu se pot folosi legile lui Ohm.

Pentru descrierea unui circuit ramificat se definesc o serie de *elemente de structură*. Vom folosi pentru exemplificări elementele circuitului reprezentat în *figura 5.5*.

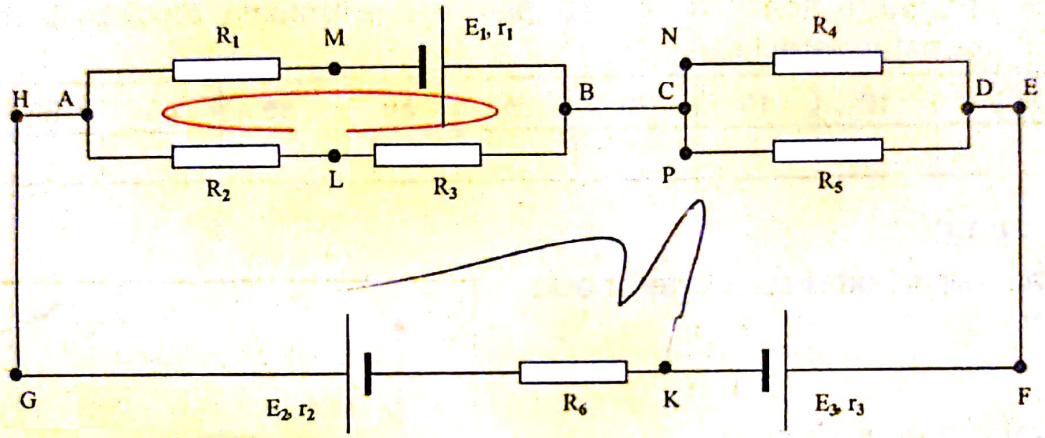


Figura 5.5. *Circuit ramificat*

Elementul de structură	Definiţie	Exemple
Nod	Punct al unui circuit în care sunt interconectate cel puţin trei elemente de circuit.	▶ Sunt noduri: A, B, C, D. ▶ Nu sunt noduri: E, F, K, G, ... ▶ Când conductoarele de legătură au rezistenţe neglijabile, atunci B şi C *pot fi considerate ca formând un singur nod.*
Latură	Porţiune de circuit a) cuprinsă între două noduri;	▶ Sunt laturi: AMB, ALB, CND, CPD, DEFKGHA.
	b) care nu cuprinde nici un nod în interior;	▶ Nu este latură: AMBCND.
	c) care este parcursă de acelaşi curent.	▶ Nu este latură porţiunea de circuit dintre C şi D, formată din R_4 şi R_5.
Ochi (buclă)	Porţiune de circuit a) formată dintr-o succesiune de laturi (cel puţin două) care formează o linie poligonală închisă;	▶ Sunt ochiuri: AMBLA (*figura 5.6*), ALBCPDKA, AMBCNDKA (*figura 5.7*),...
	b) la parcurgerea căreia se trece prin fiecare nod o singură dată.	▶ Nu este ochi: AMBCNDPCBLA (*figura 5.8*).

Scanned with OKEN Scanner

O categorie deosebită de ochiuri o reprezintă **ochiurile simple** (**fundamentale**): sunt ochiurile care nu au diagonale. Circuitul din *figura 5.5* are trei ochiuri fundamentale: AMBLA, CNDPC şi ALBCPDKA. Celelalte ochiuri nu sunt ochiuri fundamentale.

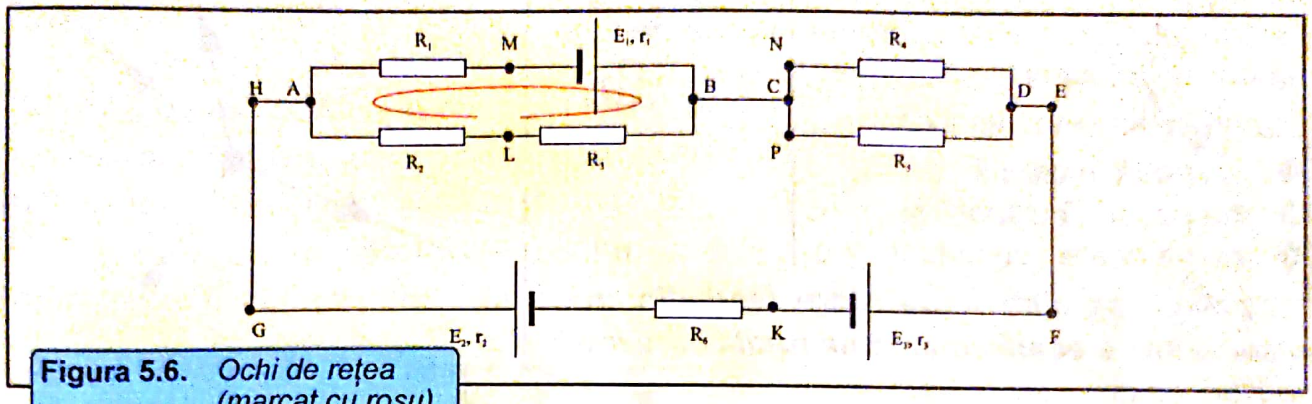


Figura 5.6. *Ochi de rețea (marcat cu roşu)*

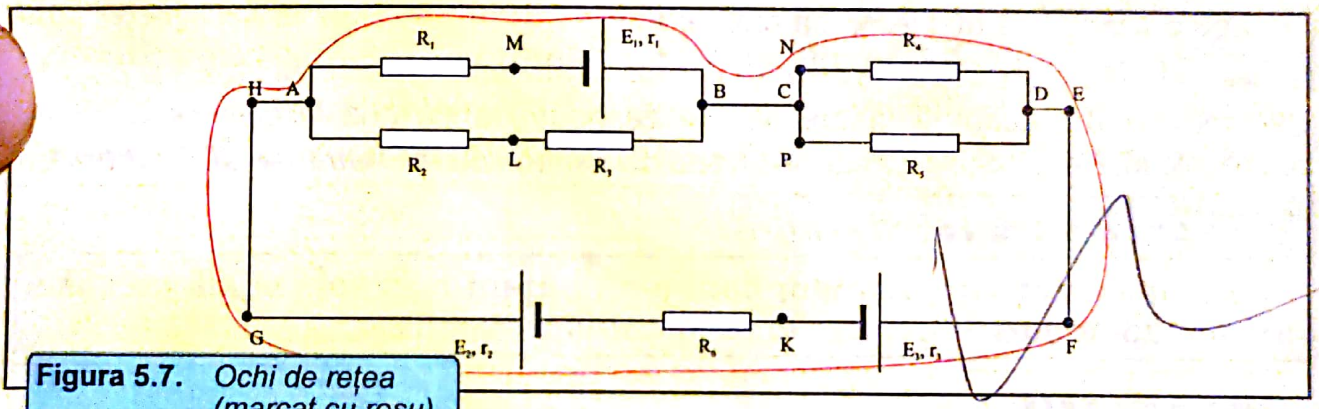


Figura 5.7. *Ochi de rețea (marcat cu roşu)*

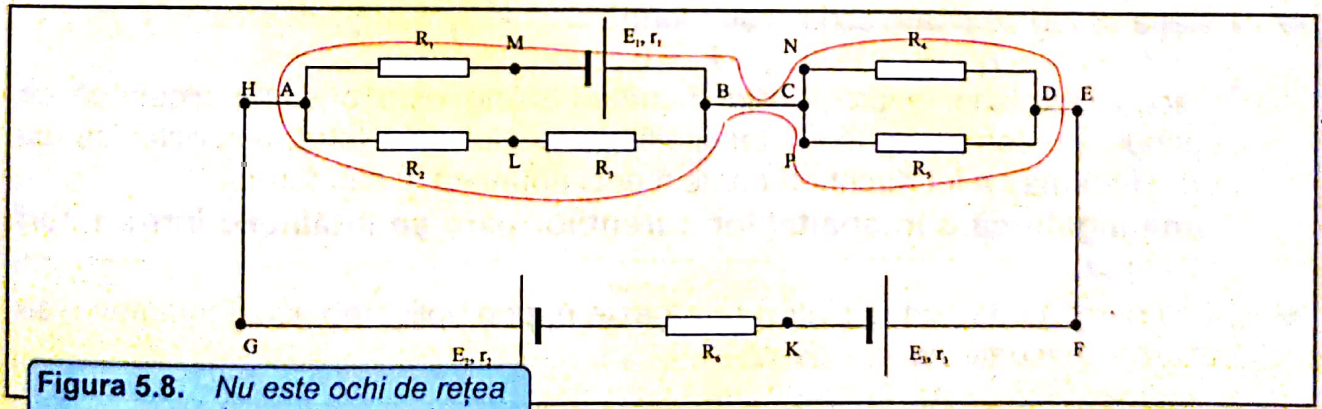


Figura 5.8. *Nu este ochi de rețea (marcat cu roşu)*

Tema 3

Identifică elementele de structură ale circuitului din *figura 5.9.*

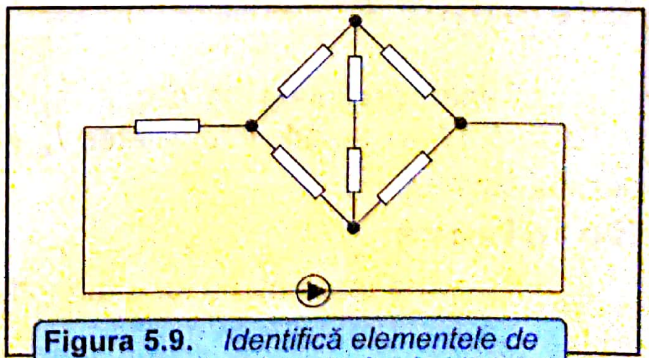


Figura 5.9. *Identifică elementele de structură ale circuitului*

Scanned with OKEN Scanner

Teorema I a lui Kirchhoff

Considerăm un nod de rețea în care se întâlnesc cinci laturi (*figura 5.10*). Curenții din fiecare latură transportă, într-un interval de timp oarecare, Δt, sarcinile electrice $Q_1, Q_2, ..., Q_5$.

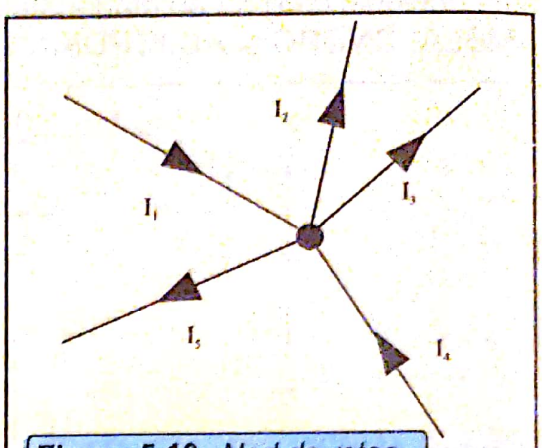


Figura 5.10. *Nod de rețea*

Deoarece sarcina electrică

- nu poate fi creată,
- nu poate să dispară şi
- nu se poate acumula în nod,

rezultă că ***sarcina totală care iese din nod trebuie să fie egală cu sarcina totală care intră în nod***, adică:

$$Q_2 + Q_3 + Q_5 = Q_1 + Q_4$$

Împărțind această relație la Δt, se obține:

$$(5.28) \quad I_2 + I_3 + I_5 = I_1 + I_4$$

Evident, acest rezultat se poate generaliza pentru orice nod în care se întâlnesc oricâte laturi. Rezultatul este cunoscut sub denumirea de ***teorema I a lui Kirchhoff***.

Teorema I a lui Kirchhoff

Suma intensităților curenților care ies dintr-un nod este egală cu suma intensităților curenților care intră în nodul respectiv.

Observații

- Relația (5.28) se poate scrie şi sub forma:

$$(5.29) \quad -I_1 + I_2 + I_3 - I_4 + I_5 = 0$$

În această relație, expresia din membrul stâng este o sumă algebrică ce cuprinde, cu semne opuse, intensitățile curenților care intră, respectiv ies din nod. Teorema I a lui Kirchhoff poate fi deci enunțată şi sub forma:

Suma algebrică a intensităților curenților care se întâlnesc într-un nod este nulă.

- Dacă numărul de noduri dintr-o rețea este *n*, prin aplicarea acestei teoreme se obțin *n – 1* ecuații independente.

Exemplul 4

Pentru porțiunea de circuit reprezentată în *figura 5.11*, să se afle intensitatea I_6 şi sensul acestui curent.

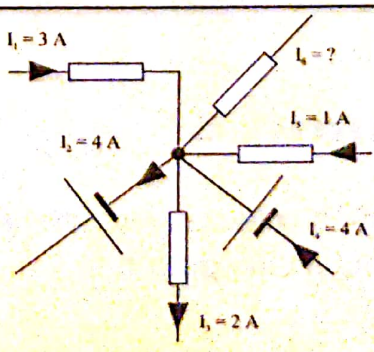


Figura 5.11. *Nod de rețea*

Rezolvare

Aplicând teorema I a lui Kirchhoff, rezultă că $I_6 = 1\,A$, iar curentul ***iese*** din nod.

Scanned with OKEN Scanner

Teorema a II-a a lui Kirchhoff

Considerăm un circuit simplu (*figura 5.2*). Pentru acest circuit, din legea lui Ohm pentru întregul circuit rezultă:

(5.30) $I(R+r)=E$

Această relație cuprinde în membrul stâng suma tensiunilor pe rezistențele din circuit iar în membrul drept – tensiunea electromotoare din ochi.

Se poate demonstra că, pentru un ochi oarecare al unei rețele electrice, este valabilă o relație asemănătoare cu (5.30):

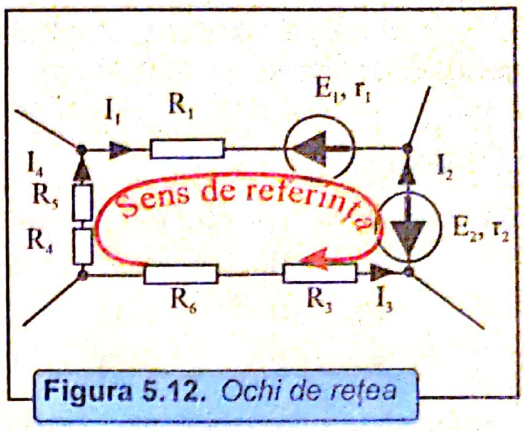
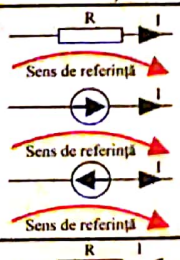
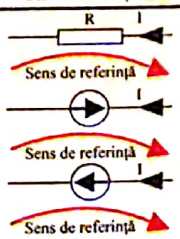
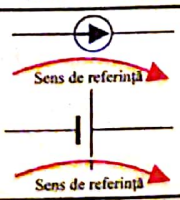
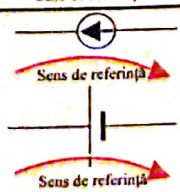


Figura 5.12. *Ochi de rețea*

Teorema a II-a a lui Kirchhoff

Suma algebrică a tensiunilor dintr-un ochi de rețea este egală cu suma algebrică a tensiunilor electromotoare din ochiul respectiv.

Pentru stabilirea semnelor termenilor celor două sume algebrice se alege un ***sens de referință*** în ochiul respectiv (*figura 5.12*). Semnele termenilor se stabilesc astfel:

Termenul	Situația	Regula	Exemple (*figura 5.12*)
Tensiune		Dacă sensul curentului este același cu sensul de referință, termenul respectiv participă la sumă cu „+“.	$I_1(R_1+r_1)$ și $I_4(R_4+R_5)$
		Dacă sensul curentului este contrar sensului de referință, termenul respectiv participă la sumă cu „–“.	$-I_2r_2$ și $-I_3(R_3+R_6)$
Tensiune electromotoare		Dacă sensul curentului pe care l-ar da generatorul dacă ar fi singur în circuit este același cu sensul de referință, t.e.m. respectivă participă la sumă cu „+“.	E_2
		Dacă sensul curentului pe care l-ar da generatorul dacă ar fi singur în circuit este contrar sensului de referință, t.e.m. respectivă participă la sumă cu „–“.	$-E_1$

Ecuația care se obține este deci:

(5.31) $I_1(R_1+r_1)-I_2r_2-I_3(R_3+R_6)+I_4(R_4+R_5)=-E_1+E_2$

Dacă numărul de ochiuri fundamentale dintr-o rețea este *f*, atunci, prin aplicarea acestei teoreme, se pot obține *f* ecuații independente.

Scanned with OKEN Scanner

Aplicarea teoremelor lui Kirchhoff

Dacă se cunosc elementele constructive ale unui circuit (toate caracteristicile generatoarelor şi consumatoarelor), ecuaţiile obţinute prin aplicarea teoremelor lui Kirchhoff permit aflarea intensităţilor tuturor curenţilor din acel circuit.

Exemplul 5

Se consideră circuitul din *figura 5.13*. Se dau:

$E_1 = 12V \quad r_1 = 1\Omega \quad R_1 = 9\Omega$

$E_2 = 6V \quad r_2 = 1\Omega \quad R_2 = 18\Omega$

$E_3 = 2V \quad r_3 = 1\Omega \quad R_3 = 40\Omega$

Se cere să se afle curenţii din toate laturile circuitului.

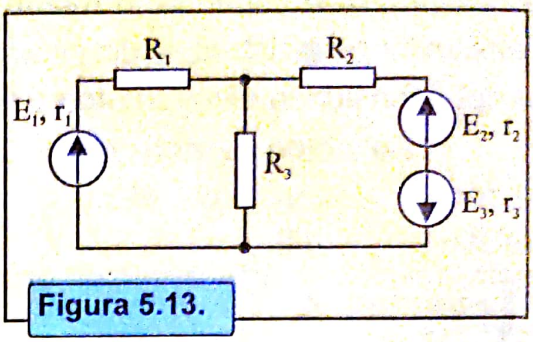
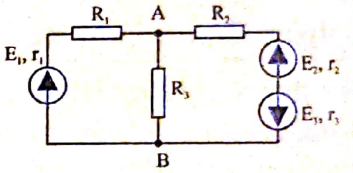
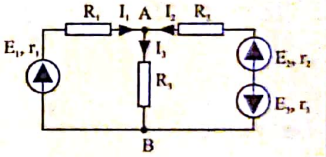
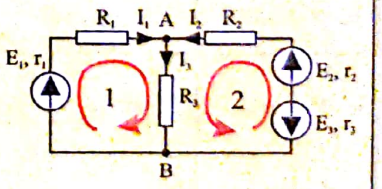


Figura 5.13.

Etapele care trebuie parcurse pentru analiza acestui sistem fizic sunt:

1	Se identifică nodurile circuitului.	Circuitul are două noduri, notate **A** şi **B**: 
2	Se identifică laturile circuitului. Se notează curenţii şi se aleg sensuri pentru aceştia.	Circuitul are trei laturi, cuprinse între nodurile **A** şi **B**; acestea sunt formate din: ▶ R_1, E_1, r_1 ▶ R_2, E_2, r_2, E_3, r_3 ▶ R_3 şi sunt parcurse de Curenţii I_1, I_2 şi I_3. 
3	Se aplică teorema I a lui Kirchhoff pentru $n-1$ noduri	$I_1 + I_2 - I_3 = 0$
4	Se aleg cele f ochiuri pentru care se aplică teorema a II-a a lui Kirchhoff. Este **recomandabil** ca acestea să fie tocmai ochiurile simple (fundamentale). Se aleg sensuri de referinţă în cele f ochiuri.	Ochiurile simple sunt **1** şi **2**. 
5	Se aplică teorema a II-a a lui Kirchhoff în cele f ochiuri alese.	$I_1(r_1 + R_1) + I_3 R_3 = E_1$ $I_3 R_3 + I_2(r_2 + R_2 + r_3) = E_2 - E_3$
6	Cu cele $n-1+f$ ecuaţii obţinute se formează un sistem de ecuaţii. Numărul de ecuaţii obţinut este egal cu numărul laturilor, deci egal cu numărul necunoscutelor (intensităţile curenţilor).	Rezolvând sistemul format din cele trei ecuaţii, se obţine: $I_1 = 0{,}4\,A \quad I_2 = -0{,}2\,A \quad I_3 = 0{,}2\,A$ Sensurile curenţilor I_1 şi I_3 corespund sensurilor de referinţă alese, iar sensul curentului I_2 este invers.

Scanned with OKEN Scanner

Probleme

1 Pentru circuitul reprezentat în *figura 5.14*, identifică nodurile, laturile şi ochiurile simple.

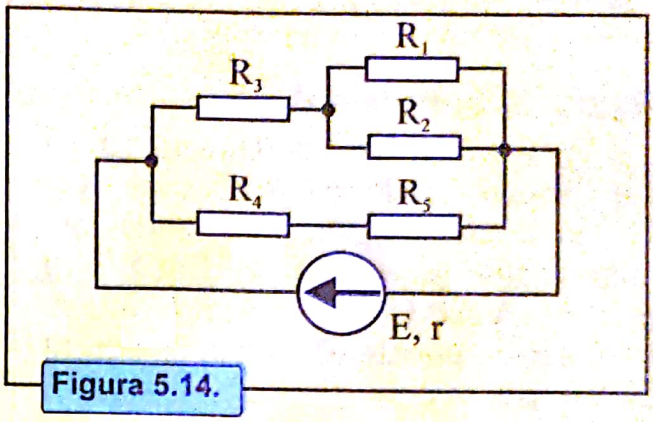


Figura 5.14.

2 Pentru porţiunea de circuit reprezentată în *figura 5.15*, află intensitatea curentului *I* şi sensul acestuia.

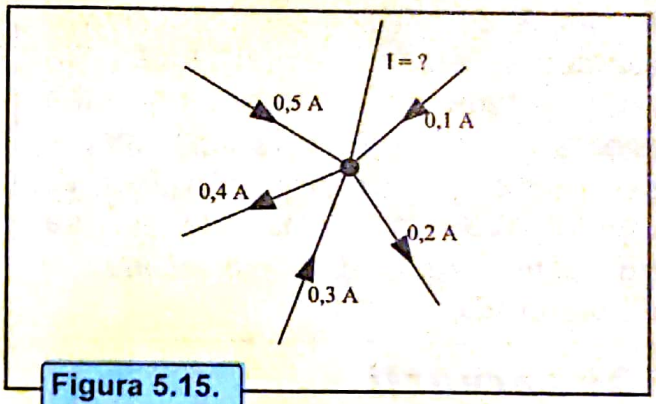


Figura 5.15.

3 Pentru circuitul reprezentat în *figura 5.16*, calculează:

a) tensiunea pe R_1;

b) intensitatea prin R_4;

c) tensiunea dintre noduri;

d) t.e.m. E_2 (rezistenţa internă r_2 fiind neglijabilă).

Se cunosc: $R_1 = 1\ \Omega$, $R_2 = 4\ \Omega$, $R_3 = 1\ \Omega$, $R_4 = 5\ \Omega$, $I_2 = 2\ A$, $I_3 = 1{,}5\ A$.

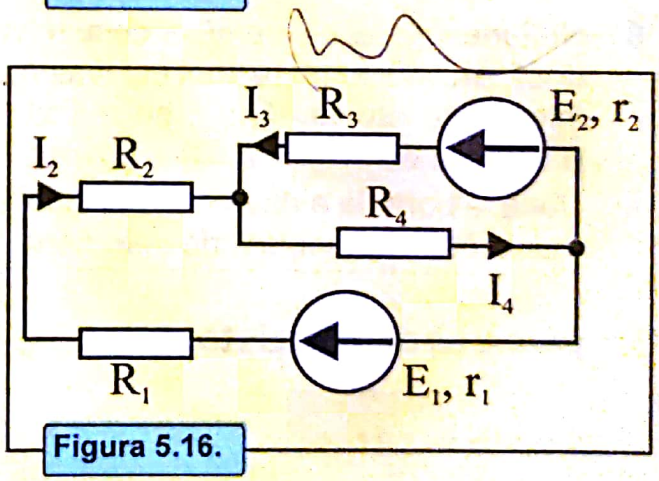


Figura 5.16.

4 Pentru circuitul reprezentat în *figura 5.17*, *se* cunosc: $E_1 = 2\ V$, $E_2 = 3\ V$, $r_1 = 2\ \Omega$, $r_2 = 1{,}5\ \Omega$, $R = 6\ \Omega$. Calculează:

a) intensitatea curentului din fiecare latură;

b) puterea disipată pe R.

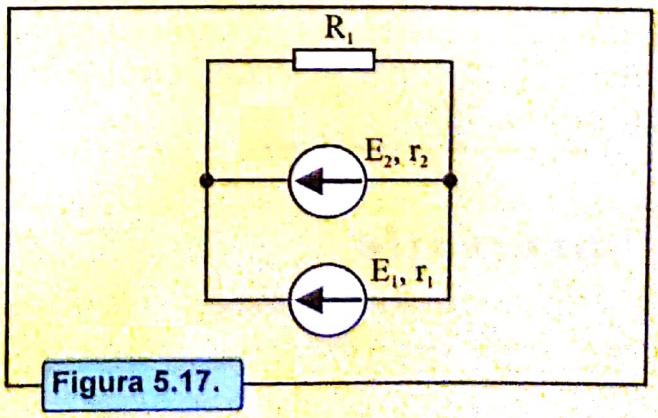


Figura 5.17.

Scanned with OKEN Scanner

5.5 Gruparea rezistoarelor

Rezistor echivalent

Considerăm o porțiune de circuit electric cuprinsă între două puncte, **A** și **B** (circuit *dipolar*), formată numai din consumatori (circuit *pasiv*). Dacă între punctele **A** și **B** tensiunea este U, atunci între aceste puncte va circula un curent de intensitate I.

Acest circuit dipolar pasiv *poate fi înlocuit* cu un singur rezistor având rezistența aleasă astfel încât, la aceeași tensiune U, curentul să aibă aceeași intensitate I. Rezistorul respectiv se numește ***rezistor echivalent*** cu dipolul **AB**, iar rezistența lui se numește ***rezistență echivalentă*** a dipolului **AB**.

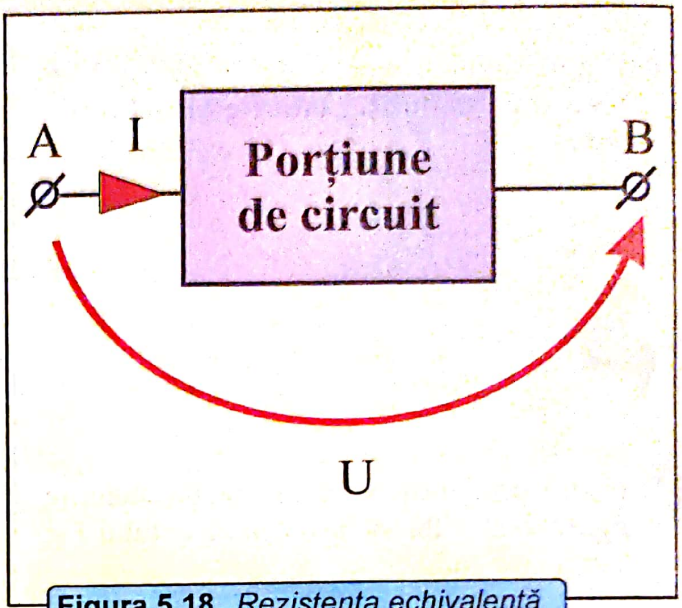


Figura 5.18. *Rezistența echivalentă*

Observații

- Noțiunea de echivalență a circuitelor se poate extinde la orice circuit dipolar: două circuite dipolare sunt echivalente dacă sunt parcurse de curenți cu aceeași intensitate atunci când li se aplică la borne tensiuni egale (deci au aceeași rezistență echivalentă).
- Dacă la bornele a două circuite dipolare echivalente se aplică aceeași tensiune, atunci puterile disipate pe cele două circuite sunt egale.

Gruparea serie a rezistoarelor

Gruparea serie

Două sau mai multe rezistoare sunt grupate (conectate) în *serie* dacă sunt pe aceeași latură a unui circuit electric (*figura 5.19*).

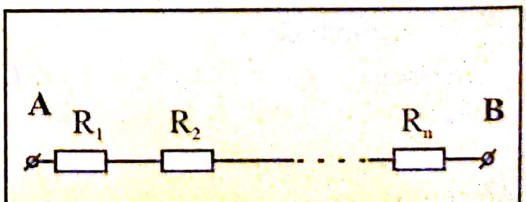


Figura 5.19. *Grupare serie*

Observație

Fiind pe *aceeași latură*, rezistoarele grupate în serie sunt parcurse de *același curent*.

Scanned with OKEN Scanner

Considerăm o porțiune de circuit formată din trei rezistoare grupate în serie. Pentru calcularea rezistenței echivalente a acestei porțiuni de circuit, procedăm astfel:

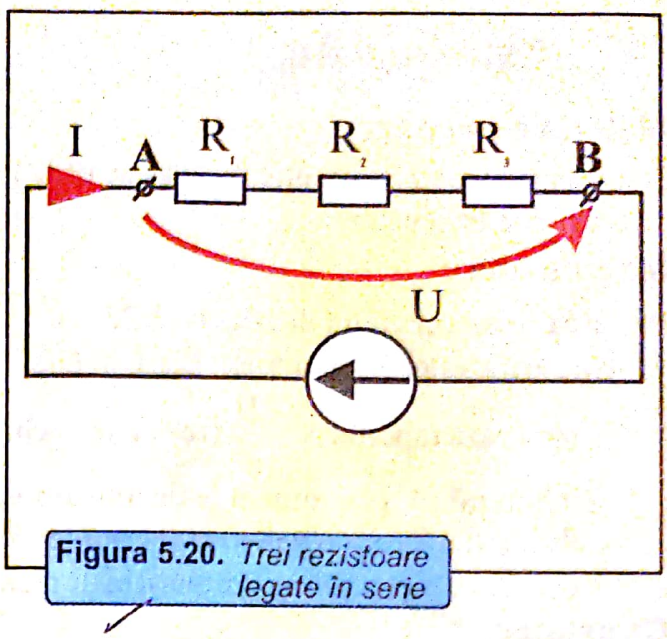


Figura 5.20. *Trei rezistoare legate în serie*

- Presupunem că porțiunea de circuit se conectează la un generator ce asigură la borne o tensiune oarecare, U (*figura 5.20*). Acesta furnizează energie circuitului, astfel încât puterea transmisă grupării formate din cele trei rezistoare este egală cu suma puterilor transmise fiecărui rezistor în parte:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 \quad (5.31)$$

- Deoarece *intensitatea* curentului este aceeaşi prin cele trei rezistoare, se exprimă puterile disipate pe acestea în funcție de *intensitate* şi rezistențe:

$$\begin{cases} P_1 = R_1 I^2 \\ P_2 = R_2 I^2 \\ P_3 = R_3 I^2 \end{cases} \quad (5.32)$$

- Notăm cu R_s rezistorul echivalent grupării date. Se cuplează acesta la un generator care asigură la borne aceeaşi tensiune U (eventual, acelaşi generator). Fiind echivalent cu gruparea dată, prin acest rezistor, curentul trebuie să aibă aceeaşi intensitate, I. Puterea primită de rezistorul echivalent este aceeaşi, deci:

$$P = R_s I^2 \quad (5.33)$$

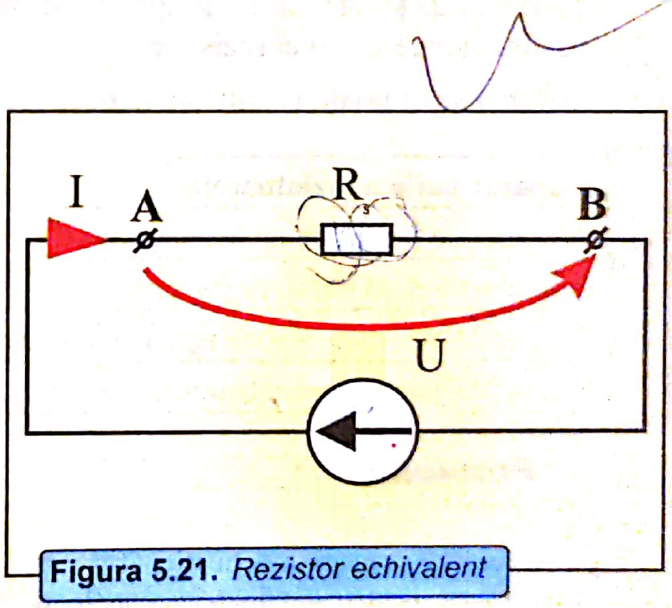


Figura 5.21. *Rezistor echivalent*

- Înlocuind (5.32) şi (5.33) în (5.31), se obține:

$$R_s = R_1 + R_2 + R_3 \quad (5.34)$$

Acest rezultat poate fi generalizat pentru un număr oarecare de rezistoare grupate în serie.

Rezistența echivalentă a grupării serie

Rezistența echivalentă a unei grupări serie de rezistori este egală cu suma rezistențelor fiecărui rezistor.

Scanned with OKEN Scanner

Experimentul 1

Materiale necesare

Două rezistoare cu rezistențele R_1, respectiv R_2, trei voltmetre, un ampermetru, un generator și conductoare de legătură.

Mod de lucru

- Realizează circuitul din *figura 5.22.*
- Măsoară valorile mărimilor U_1, U_2, U și I.
- Calculează raportul $R = \frac{U}{I}$ (rezistența echivalentă a circuitului) și compară valoarea obținută cu valorile R_1, R_2 și cu valoarea $R_s = R_1 + R_2$.
- Repetă experimentul cu alte perechi de rezistoare.

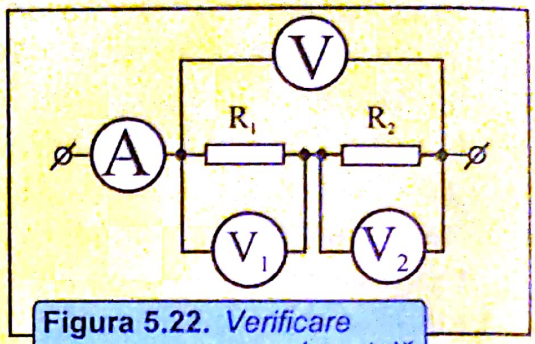


Figura 5.22. *Verificare experimentală*

Constatări

- Rezistența R este mai mare decât cea mai mare dintre rezistențele R_1 și R_2, oricare ar fi valorile acestora.
- În limita erorilor experimentale, de fiecare dată se obține $R = R_s$.

Concluzii

- Rezistența echivalentă la gruparea în serie a două rezistoare este egală cu suma rezistențelor celor două rezistoare.
- Gruparea serie poate fi utilizată la obținerea unei valori mai mari a rezistenței electrice.

REȚINEȚI

Gruparea serie a rezistoarelor
Rezistoarele fac parte din aceeași latură.
Rezistoarele sunt parcurse de același curent electric.
Rezistența echivalentă este egală cu suma rezistențelor fiecărui rezistor.
Rezistența echivalentă este mai mare decât cea mai mare dintre rezistențele cuplate în serie.

Probleme

1. Calculează rezistența echivalentă a grupării serie formate din doi rezistoare identice, având fiecare rezistența $R = 100\ \Omega$. Ce constați? Care este valoarea rezistenței echivalente a grupării serie formate din $n = 10$ astfel de rezistoare?
2. Aplicând o tensiune $U = 24\ V$ unei grupări serie formate din $N_1 = 2$ rezistaore identice, aceștea vor fi parcurse de un curent $I = 2\ A$. Ce valoare are rezistența echivalentă a unei grupări serie formată din $N_2 = 5$ astfel de rezistoare?
3. Un circuit serie format din $R_1 = 10\ \Omega$, $R_2 = 20\ \Omega$, $R_3 = 30\ \Omega$, este parcurs de un curent cu intensitatea I astfel încât pe circuit se disipă o putere $P = 1200\ W$. Ce valoare are puterea disipată pe fiecare dintre rezistoare?
4. Un circuit serie este format din n rezistoare având $R_1 = 1\ \Omega$, $R_2 = 2\ \Omega$, $R_3 = 3\ \Omega$, ... $R_n = n\ \Omega$. Rezistența echivalentă a grupării este $R = 210\ \Omega$. Calculează numărul n de rezistoare din grupare.

Scanned with OKEN Scanner

Rezistoare grupate în paralel

Gruparea paralel

Două sau mai multe rezistoare sunt grupate în *paralel* dacă sunt conectate între aceleaşi două noduri ale unui circuit (*figura 5.23*).

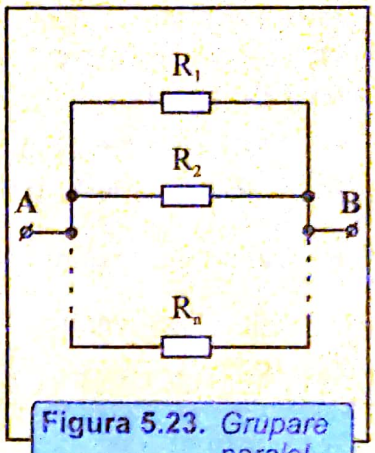


Figura 5.23. *Grupare paralel*

Observaţie

Fiind conectate între *aceleaşi puncte* ale circuitului, rezistoarele grupate în paralel au *aceeaşi tensiune* la borne.

Considerăm o porţiune de circuit formată din trei rezistoare grupate în paralel. Pentru calcularea rezistenţei echivalente a acestei porţiuni de circuit procedăm astfel:

- Presupunem că porţiunea de circuit se conectează la un generator ce asigură la borne o tensiune oarecare U (*figura 5.24*). Acesta furnizează energie circuitului, astfel că puterea transmisă grupării formate din cele trei rezistoare este egală cu suma puterilor transmise fiecărui rezistor în parte:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 \quad (5.35)$$

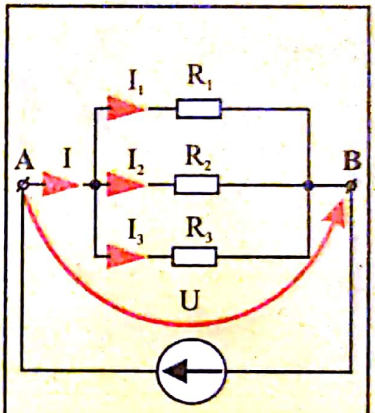


Figura 5.24. *Trei rezistoare în paralel*

- Deoarece *tensiunea* la bornele celor trei rezistoare este aceeaşi, se exprimă puterile disipate pe aceştea în funcţie de *tensiune* şi rezistenţe:

$$P_1 = \frac{U^2}{R_1}; \quad P_2 = \frac{U^2}{R_2}; \quad P_3 = \frac{U^2}{R_3} \quad (5.36)$$

- Notăm cu R_p rezistorul echivalent grupării date. Se conectează acesta la un generator care asigură la borne aceeaşi tensiune U (eventual, acelaşi generator). Fiind echivalent cu gruparea dată, prin acest rezistor, curentul trebuie să aibă aceeaşi intensitate, I. Puterea primită de rezistorul echivalent este aceeaşi, deci:

$$P = \frac{U^2}{R_p} \quad (5.37)$$

- Înlocuind (5.36) şi (5.37) în (5.35), se obţine:

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad (5.38)$$

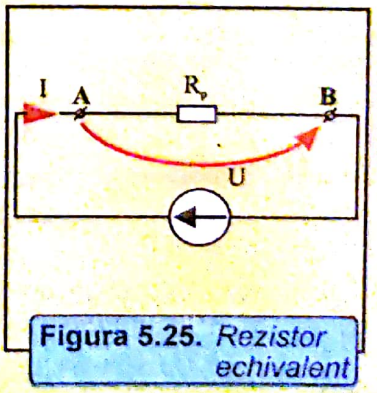


Figura 5.25. *Rezistor echivalent*

Acest rezultat poate fi generalizat pentru un număr oarecare de rezistori grupaţi în paralel.

Rezistenţa echivalentă a grupării paralel

Inversul rezistenţei echivalente a unei grupări paralel de rezistoare este egal cu suma inverselor rezistenţelor fiecărui rezistor.

Scanned with OKEN Scanner

Experimentul 2

Materiale necesare

Două rezistoare de rezistențe R_1, respectiv R_2, un voltmetru, trei ampermetre, un generator și conductoare de legătură.

Mod de lucru

- Realizează circuitul reprezentat în *figura 5.26.*
- Măsoară valorile mărimilor I_1, I_2, U și I.
- Calculează raportul $R = \frac{U}{I}$ și compară valoarea obținută cu valorile R_1, R_2 și R_p.
- Repetă experimentul cu alte perechi de valori R_1 și R_2.

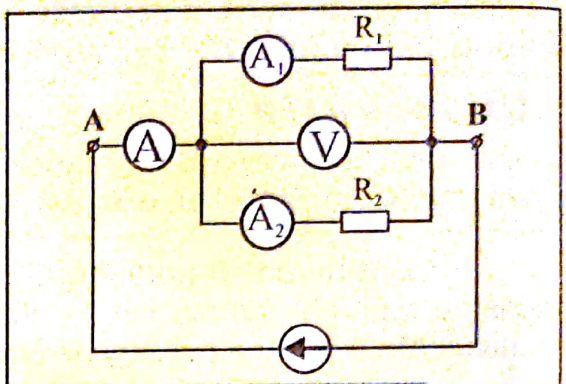


Figura 5.26. *Verificare experimentală*

Constatări

- Rezistența echivalentă la gruparea paralel este mai mică decât cea mai mică dintre rezistențele rezistoarelor grupării.
- În limita erorilor experimentale, $R = R_p$.

Concluzii

- Inversul rezistenței echivalente la gruparea în paralel este egal cu suma inverselor rezistențelor celor două rezistoare.
- Gruparea în paralel se utilizează la obținerea unei valori mai mici a rezistenței electrice.

REȚINE!

Gruparea paralel a rezistoarelor
Rezistoarele sunt conectate între aceleași două puncte ale circuitului.
Rezistoarele au aceeași tensiune la borne.
Inversul rezistenței echivalente este egală cu suma inverselor rezistențelor fiecărui rezistor.
Rezistența echivalentă este mai mică decât cea mai mică dintre rezistențele conectate în paralel.

Probleme

1. Calculează rezistența echivalentă a doi rezistoare identice, grupate în paralel, având fiecare rezistența $R = 100\ \Omega$. Ce constați? Care este valoarea rezistenței echivalente a grupării în paralel formate din $n = 10$ astfel de rezistoare?

2. Tensiunea pe gruparea în paralel a rezistoarelor $R_1 = 90\ \Omega$ și $R_2 = 60\ \Omega$ este $U = 18\ V$.
   a) Ce valoare are intensitatea din circuitul principal?
   b) Ce valoare are intensitatea din circuitul principal dacă legăm în paralel cu gruparea anterioară un al treilea rezistor având rezistența $R_3 = 36\ \Omega$?
   c) Ce valoare trebuie să aibă rezistența R_4 a unui rezistor care, cuplat în paralel cu ceilalți trei, determină dublarea intensității curentului prin circuitul principal?

3. Pe un circuit paralel, format din $R_1 = 10\ \Omega$, $R_2 = 20\ \Omega$, $R_3 = 30\ \Omega$, se disipă o putere $P = 1200\ W$. Ce valoare are puterea disipată pe fiecare dintre rezistoare?

Scanned with OKEN Scanner

Divizorul de curent

Fie circuitul din *figura 5.27* (***divizor de curent***). Dacă se cunoaşte intensitatea curentului I din circuitul principal şi rezistenţele R_1 şi R_2, se pot determina intensităţile curenţilor din rezistoare. Aplicând teoremele lui Kirchhoff, se obţine sistemul de ecuaţii:

$$(5.39)\quad \begin{cases} I_1 + I_2 = I \\ R_1 I_1 - R_2 I_2 = 0 \end{cases}$$

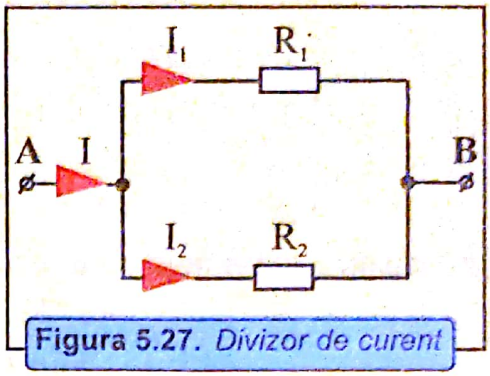


Figura 5.27. *Divizor de curent*

Rezolvând acest sistem de ecuaţii se obţine:

$$(5.40)\quad I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I \quad I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I$$

Fie din (5.39.2), fie din (5.40) se observă că:

$$(5.41)\quad \frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

adică **intensităţile I_1 şi I_2 sunt invers proporţionale cu rezistenţele laturilor prin care trec.**

Această concluzie este uşor de interpretat calitativ dacă avem în vedere modelul hidraulic (*figura 5.28*) al circuitului electric format din cele două rezistoare legate în paralel: în conducta cu secţiune mai mică, debitul este mai mic deoarece rezistenţa la curgere este mai mare.

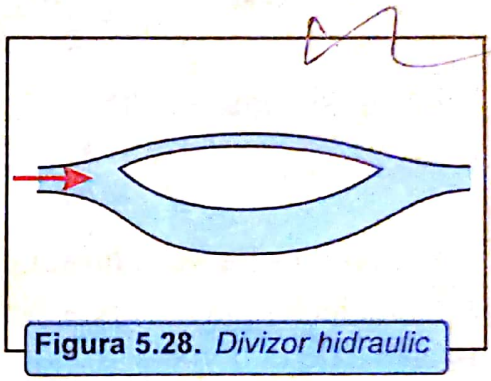


Figura 5.28. *Divizor hidraulic*

Ansamblul celor două rezistoare *divizează* curentul, adică formează un ***divizor de curent***.

Experimentul 3

Materiale necesare

Rezistoare de valori diferite şi cunoscute, trei ampermetre cu rezistenţe neglijabile faţă de cele ale rezistoarelor.

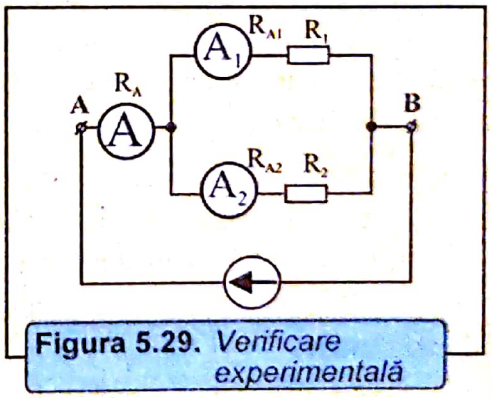


Figura 5.29. *Verificare experimentală*

Mod de lucru

- Realizează circuitul reprezentat în *figura 5.29*.
- Măsoară intensităţile curenţilor din cele trei laturi.
- Repetă experimentul pentru diferite rezistoare.
- Calculează pentru fiecare pereche de rezistoare tensiunile de pe laturile conectate în paralel

Constatări

- Suma $I_1 + I_2$ este egală cu I (pentru toate constatările, în limita erorilor experimentale).
- Intensităţile sunt invers proporţionale cu rezistenţele de pe laturile respective.
- Cele două tensiuni calculate sunt egale.

Concluzii

- În limita erorilor experimentale, relaţiile (5.39) şi, implicit, (5.40) şi (5.41) sunt corecte.
- I_1 şi I_2 reprezintă *fracţiuni* din I; aceste fracţiuni depind de R_1 şi de R_2.

Scanned with OKEN Scanner

Divizorul de tensiune

Considerăm circuitul din *figura 5.30.* Dacă se cunoaşte tensiunea dintre punctele A şi B, precum şi cele două rezistenţe, se poate calcula tensiunea de la bornele fiecărui rezistor. Aplicând legea lui Ohm pentru o porţiune de circuit, rezultă:

$$(5.42)\quad \begin{cases} U_1 = R_1 I \\ U_2 = R_2 I \\ I = \dfrac{U}{R_s} \text{ în care } R_s = R_1 + R_2 \end{cases}$$

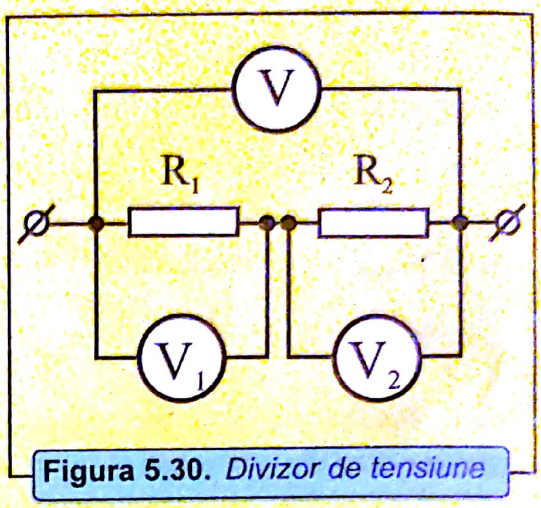


Figura 5.30. *Divizor de tensiune*

Înlocuind I în primele două ecuaţii, rezultă:

$$(5.43)\quad \begin{cases} U_1 = \dfrac{R_1}{R_1 + R_2} U \\ U_2 = \dfrac{R_2}{R_1 + R_2} U \end{cases}$$

Din aceste relaţii rezultă:

$$(5.44)\quad \frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

adică **tensiunile sunt direct proporţionale cu rezistenţele pe care se măsoară.**

Ansamblul format din două rezistoare grupate în serie poate fi utilizat pentru *divizarea* tensiunii de la bornele grupării lor şi se numeşte ***divizor de tensiune***.

Experimentul 4

Materiale necesare

Rezistoarele de valori diferite, dar cunoscute, trei voltmetre (cu rezistenţe foarte mari în comparaţie cu cele ale rezistoarelor), un generator.

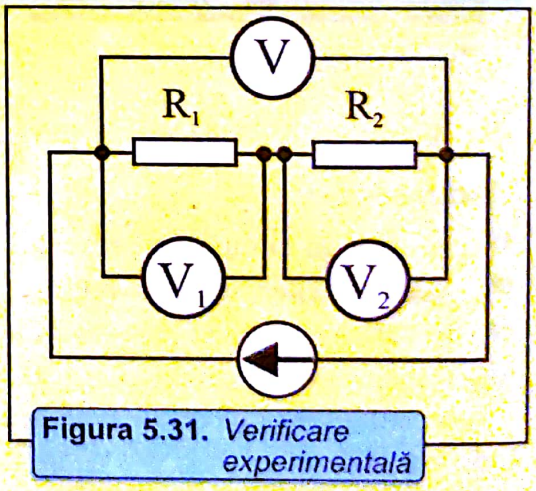


Figura 5.31. *Verificare experimentală*

Mod de lucru

- Realizează circuitul din *figura 5.31.*
- Măsoară tensiunile dintre cele trei puncte.
- Repetă experimentul pentru diferite rezistoare.
- Calculează, în fiecare caz, intensităţile din rezistoare.

Constatări

- Suma $U_1 + U_2$ este egală cu U (pentru toate constatările, în limita erorilor experimentale).
- Intensitatea curentului prin cele două rezistoare este aceeaşi.
- Tensiunile pe rezistoare sunt direct proporţionale cu valorile rezistenţelor lor.

Concluzii

- În limita erorilor experimentale, relaţiile (5.42) şi, implicit, (5.43) şi (5.44) sunt corecte;
- U_1 şi U_2 sunt fracţiuni din U; aceste fracţiuni depind de R_1 şi de R_2.

Scanned with OKEN Scanner

Probleme

1. Precizează modul de grupare a rezistoarelor pentru fiecare schemă din *figura 5.32*, bornele circuitului fiind **A** și **B**.

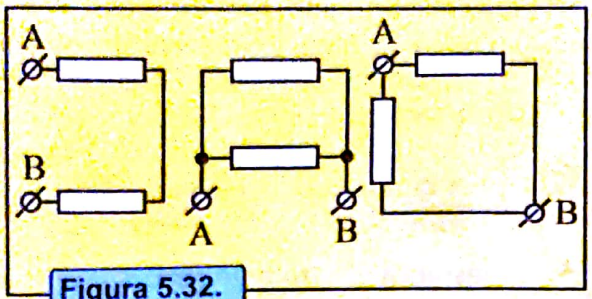


Figura 5.32.

2. Becurile și aparatele electrice utilizate într-o locuință sunt grupate în serie sau în paralel?

3. Cum sunt montate becurile într-o instalație pentru pomul de Crăciun? Cum poți verifica? La ce tensiune funcționează becurile când sunt conectate la priză?

4. În unele instalații de iluminat (utilizate cu precădere în băi) se află două becuri grupate în serie. Care este tensiunea lor nominală?

5. Pot fi conectate la o priză oricât de multe aparate?

6. Care este valoarea tensiunii U pentru circuitul din *figura 5.33*?

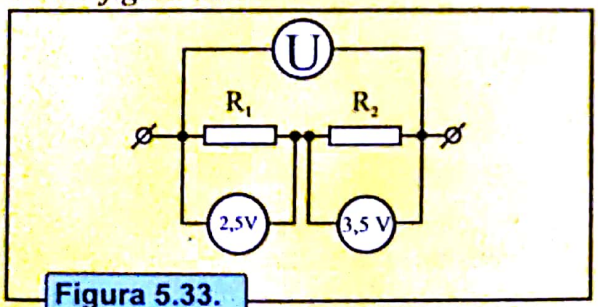


Figura 5.33.

7. Care este valoarea intensității I în circuitul din *figura 5.34*?

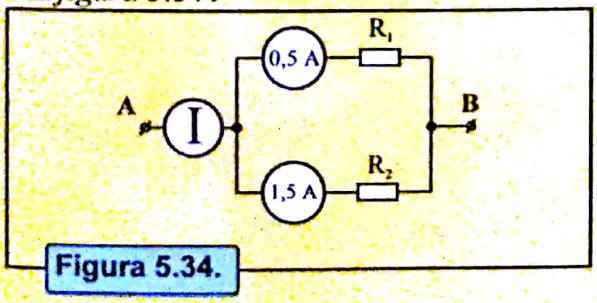


Figura 5.34.

8. Prin becul unui far de bicicletă trece un curent cu intensitatea de 350 mA, iar prin cel de la „stop", un curent cu intensitatea de 100 mA. Ce intensitate are curentul care trece prin dinamul bicicletei?

9. Becul B_3, din *figura 5.35*, are valorile nominale 6 V și 0,1 A și funcționează normal. Ampermetrul indică 130 mA. Care este tensiunea la bornele becurilor B_1 și B_2? Care este intensitatea curentului electric care le traversează?

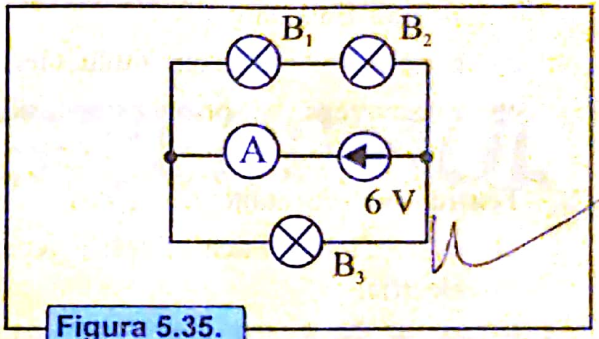


Figura 5.35.

10. Trei becuri identice au fiecare tensiunea nominală de 3 V. Vor lumina ele normal când sunt conectate ca în *figura 5.36*?

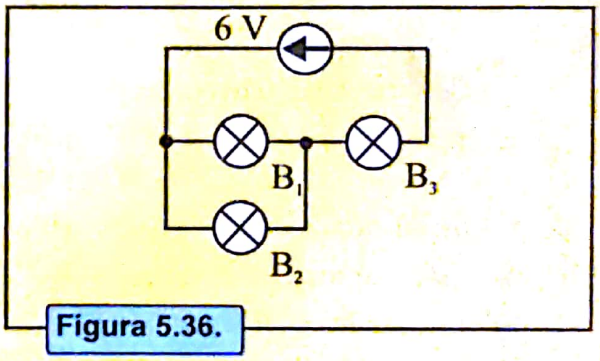


Figura 5.36.

11. Becurile B_1 și B_2, au valorile nominale 6 V și 0,1 A și funcționează normal. Ampermetrul indică 400 mA. Este identic becul B_3 cu becurile B_1 și B_2?

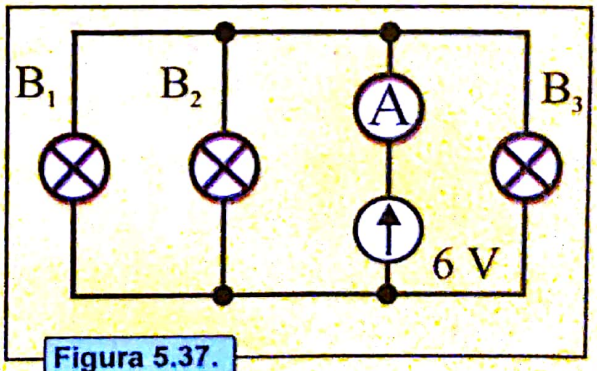


Figura 5.37.

Scanned with OKEN Scanner

Test

1. Generatorul electric:
   a) deplasează electronii în circuitul electric;
   b) determină mișcarea purtătorilor de sarcină în circuit;
   c) transferă energie purtătorilor liberi de sarcină din circuit;
   d) permite închiderea circuitului electric;
   e) se caracterizează prin tensiunea electrică la borne U.
2. Tensiunea electromotoare (t.e.m.):
   a) este o caracteristică a fiecărui generator electric;
   b) este raportul dintre energia consumată în interiorul generatorului și sarcina electrică transportată prin circuit;
   c) pentru un circuit simplu, este mai mică decât tensiunea interioară;
   d) pentru un circuit simplu, este mai mică decât tensiunea la borne;
   e) pentru orice circuit, este mai mare decât tensiunea la borne.
3. Pentru un circuit simplu, tensiunea la borne:
   a) este mai mare ca t.e.m.;
   b) se calculează din relația $U = r \cdot I$;
   c) este egală cu t.e.m., dacă circuitul este deschis;
   d) este egală cu t.e.m., dacă circuitul este închis;
   e) este nulă, dacă circuitul este deschis.
4. Unitatea de măsură pentru tensiunea electromotoare are simbolul:
   a) A;
   b) J;
   c) V;
   d) C;
   e) Ω.

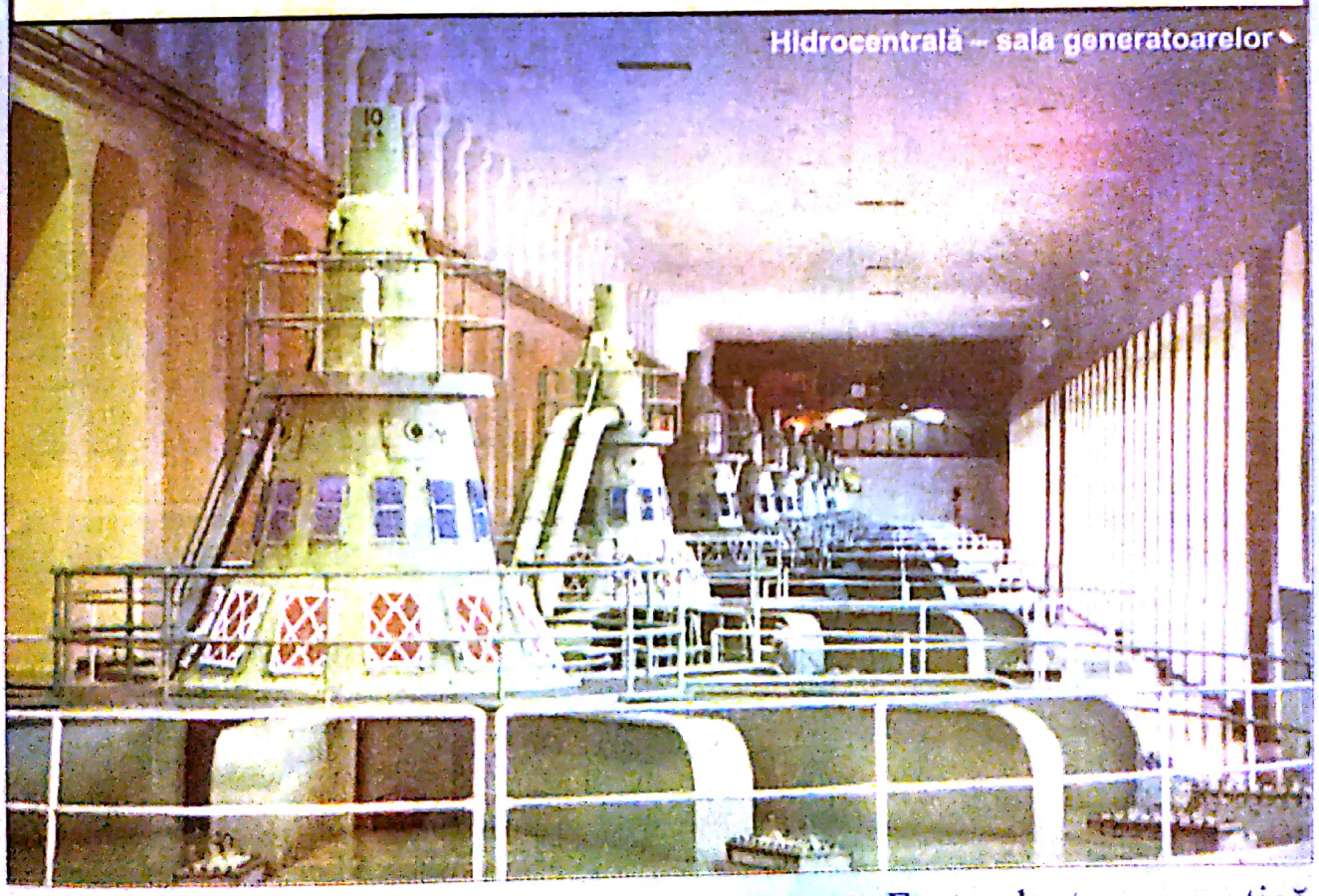
Cascada 5-9: Dacă la bornele unui generator se conectează un rezistor cu rezistența $R_1 = 1{,}5\ \Omega$, atunci generatorul este parcurs de curentul $I_1 = 1\ A$. Dacă la bornele aceluiași generator se înlocuiește R_1 cu un rezistor cu rezistența $R_2 = 0{,}5\ \Omega$, atunci generatorul este parcurs de curentul $I_2 = 2\ A$.

5. Tensiunea electromotoare E a generatorului este:
   a) $1\ V$;
   b) $1{,}5\ V$;
   c) $2\ V$;
   d) $2{,}5\ V$;
   e) $3\ V$.
6. Rezistența interioară a generatorului este:
   a) $0{,}1\ \Omega$;
   b) $0{,}25\ \Omega$;
   c) $0{,}5\ \Omega$;
   d) $0{,}75\ \Omega$;
   e) $1\ \Omega$.
7. Intensitatea curentului de scurtcircuit este:
   a) $4\ A$;
   b) $3\ A$;
   c) $2\ A$;
   d) $1\ A$;
   e) $0{,}5\ A$.
8. Tensiunea la borne în circuit deschis este:
   a) $0\ V$;
   b) $1{,}5\ V$;
   c) $2\ V$;
   d) $2{,}5\ V$;
   e) $3\ V$.
9. Dacă se înlocuiește R_2 cu un rezistor cu rezistența $R_3 = 3{,}5\ \Omega$, intensitatea devine:
   a) $4\ A$;
   b) $3\ A$;
   c) $2\ A$;
   d) $1\ A$;
   e) $0{,}5\ A$.

Scanned with OKEN Scanner

6

ELECTROMAGNETISMUL



Hidrocentrală – sala generatoarelor

- Forța electromagnetică
- Motorul electric
- Inducția electromagnetică
- Alternatorul. Dinamul

Scanned with OKEN Scanner

6.1 Forța electromagnetică

Experimentul 1

Materiale necesare

Un magnet în formă de potcoavă (*figura 6.1*), un cadru în formă de U din sârmă (CS) care nu conține fier, un suport izolator (S) de care se poate agăța cadrul din sârmă astfel încât să se poată roti în jurul capetelor sale superioare, un generator electric, conductoare de legătură, un întrerupător (în *figura 6.2*, cu albastru: direcția pe care se orientează un ac magnetic plasat între cei doi poli).

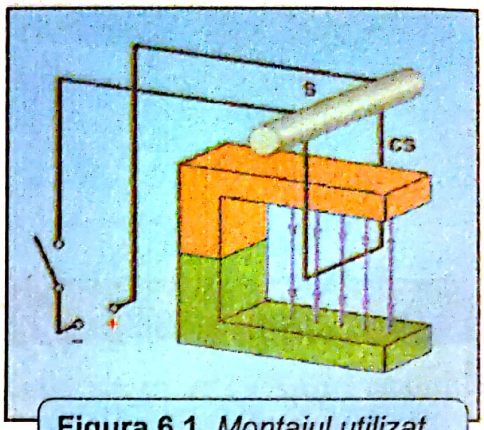


Figura 6.1. *Montajul utilizat*

Mod de lucru

- Închide și apoi deschide circuitul.
- Inversează sensul curentului prin cadru.
- Inversează poziția polilor magnetului.
- Modifică intensitatea curentului care trece prin cadru.

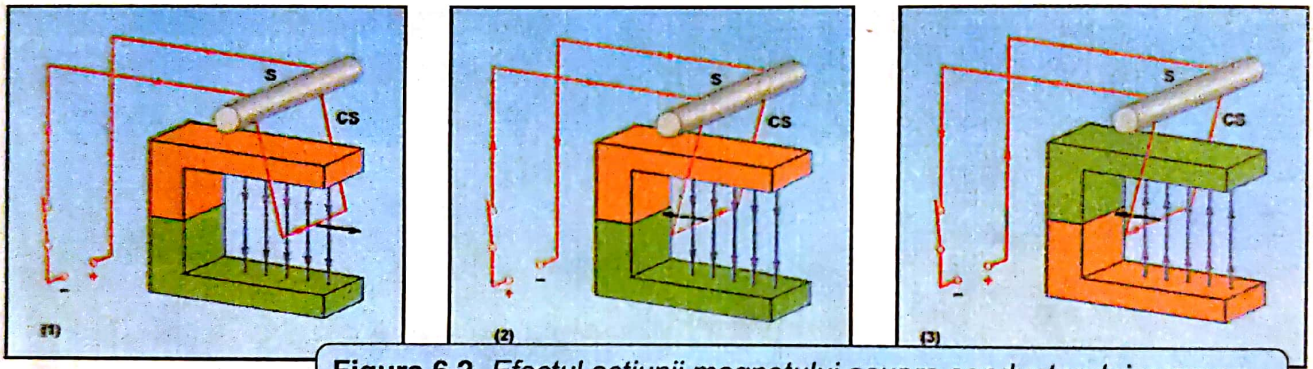


Figura 6.2. *Efectul acțiunii magnetului asupra conductorului parcurs de curent electric*

Constatări

- La închiderea circuitului (*figura 6.2.1*), cadrul deviază.
- La deschiderea circuitului, cadrul revine în poziția verticală.
- Dacă se inversează sensul curentului sau poziția polilor, sensul deviației se inversează (*figurile 6.2.2, 6.2.3*).
- Dacă se mărește intensitatea curentului prin cadru, deviația acestuia este mai mare.

Concluzii

- Magnetul *acționează* asupra conductorului aflat între polii săi, atunci când conductorul este parcurs de curent electric.
- Forța de interacțiune este *perpendiculară pe conductor* și *pe direcția pe care s-ar așeza un ac magnetic* plasat în acel loc.
- Forța care acționează asupra conductorului *crește la creșterea intensității curentului electric* din conductor.

Tema 1

Repetă Experimentul 1 folosind un electromagnet în locul magnetului. Scoate miezul electromagnetului și reia experimentul. Se modifică forța care acționează asupra conductorului?

Scanned with OKEN Scanner

Experimentul 2

Materiale necesare

O bobină fără miez (sau un *magnet disc* cu orificiu central), un cadru în formă de U din sârmă care nu conține fier, un suport de care se poate agăța cadrul din sârmă astfel încât să se poată roti în jurul capetelor sale superioare, un generator electric, conductoare de legătură, un întrerupător.

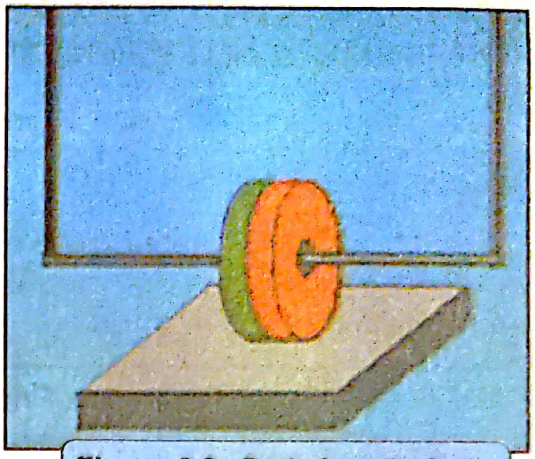


Figura 6.3. *Cadrul nu deviază*

Mod de lucru

- Realizează montajul din *figura 6.3*, trecând partea mobilă a cadrului prin *interiorul* bobinei (magnetului).
- Închide circuitele. Ce observi?
- Repetă experimentul, inversând, pe rând, sensul curentului prin bobină și sensul curentului prin cadru. Ce observi?

Constatare

- Cadrul nu deviază la închiderea circuitului.
- Același rezultat se obține și după inversarea curentului prin bobină sau prin cadru.

Concluzii

- Atunci când conductorul are aceeași direcție cu cea pe care s-ar așeza un ac magnetic plasat în acel loc, asupra sa nu acționează nici o forță din partea electromagnetului.
- Acest rezultat nu se modifică dacă se inversează sensurile curenților din bobină sau din cadru.

Forța electromagnetică

Dacă un conductor este parcurs de curent electric și dacă

- **se află în apropierea unui magnet permanent (bobină sau electromagnet parcurse de curent electric),**
- **direcția conductorului nu coincide cu direcția pe care ar căpăta-o un ac magnetic plasat în acel loc,**

atunci asupra conductorului acționează o forță din partea magnetului (bobinei, electromagnetului); această forță este numită forță electromagnetică.

Documentar

Forța electromagnetică se manifestă și între două conductoare de forme oarecare, parcurse de curenți electrici. În *figura 6.4* poți observa schema unui experiment care evidențiază interacțiunea electromagnetică dintre două conductoare parcurse de curent. Realizând experimentul, vei constata că:

- cele două conductoare nu interacționează dacă sunt perpendiculare unul pe celălalt;
- forțele de interacțiune dintre cele două conductoare sunt *forțe de atracție* când conductoarele sunt paralele și curenții au *același sens*;
- forțele de interacțiune dintre cele două conductoare sunt *forțe de respingere* când conductoarele sunt paralele și curenții au *sensuri contrare*.

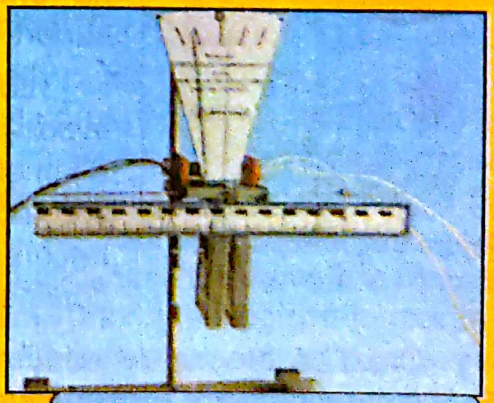


Figura 6.4. *Interacțiunea electromagnetică dintre două conductoare*

Scanned with OKEN Scanner

6.2 Motorul electric

Cea mai importantă aplicație a forței electromagnetice o constituie *motorul electric*.

Motor. Motor electric

Un sistem fizic ce transformă în energie mecanică o altă formă de energie se numește motor. Un motor care transformă energia *electrică* în energie mecanică se numește motor electric.

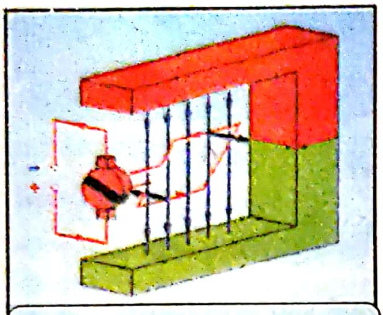


Figura 6.5. *Motor electric rotativ (schemă)*

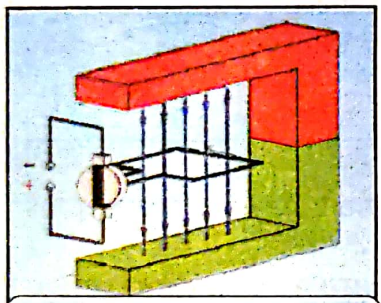


Figura 6.6. *Inversarea contactelor*

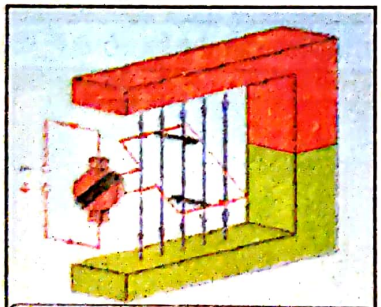


Figura 6.7. *Rotația se produce în același sens*

Principiul de funcționare al motorului electric constă în acțiunea forțelor electromagnetice asupra unor conductoare parcurse de curent electric.

Motorul rotativ

Motorul rotativ este alcătuit din două părți:

- **stator**;
- **rotor**.

Statorul este format dintr-un magnet permanent (de exemplu, la motoraşele pentru diferite jucării) sau dintr-un electromagnet.

Rotorul este alcătuit dintr-o bobină cu miez din fier, fixată pe un suport metalic. Acest suport se poate roti în jurul unui ax. În *figura 6.5* este reprezentată schematic doar *o singură spiră* a rotorului. Alimentarea acestei spire se face printr-un sistem de contacte mobile, numit *colector*. Pe *lamelele* acestuia alunecă două contacte fixe, din cărbune presat, numite *periuțe*. Periuțele sunt conectate la generator.

Asupra laturilor opuse acționează din partea magnetului forțe opuse. Forțele figurate în schemă formează un *cuplu de forțe* care determină mişcarea rotorului (rotație). Şi asupra celorlalte două laturi acționează forțe opuse, dar acestea nu formează un cuplu de forțe, fiind pe aceeaşi dreaptă suport.

La fiecare rotație cu 180° a rotorului (când rotorul ajunge în poziția din *figura 6.6*) se inversează contactele dintre periuțe şi lamelele colectorului. Această inversare determină şi inversarea curentului prin cadru. Cuplul de forțe care apare după trecerea de această poziție (*figura 6.7*) determină rotorul să continue rotația în același sens.

Crezi că efectul de rotație al cuplului de forțe este același în orice poziție a cadrului? Dacă răspunsul este „da", atunci compară situația din *figura 6.6* cu una dintre cele reprezentate în *figura 6.2*. Dacă răspunsul este „nu", atunci încearcă să apreciezi în ce poziție efectul de rotație este *maxim*.

Scanned with OKEN Scanner

Pentru a evita această variație (în limite foarte largi) a momentului cuplului, rotorul este format din mai multe cadre (bobine), plasate sub unghiuri diferite.

Aspectul exterior al unui motor electric rotativ este, în general, cilindric (*figura 6.8*). Sunt vizibile axul motorului (pe care este fixat rotorul), sistemele de fixare a carcasei, radiatorul pentru răcire şi, evident, bornele de conectare la generatorul electric (plasate într-o carcasă, pentru a nu fi atinse din greşeală).

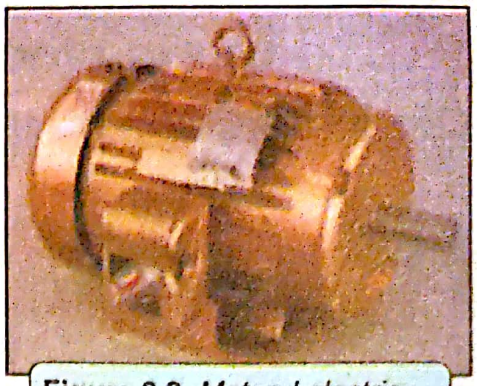


Figura 6.8. *Motorul electric*

Există însă numeroase diferențe de aspect, datorate, printre altele, spațiului în care trebuie să funcționeze motorul şi puterii electrice consumate (motoarele de putere mare trebuie să aibă sisteme de răcire, deoarece se încălzesc prin efect Joule şi datorită frecărilor mecanice).

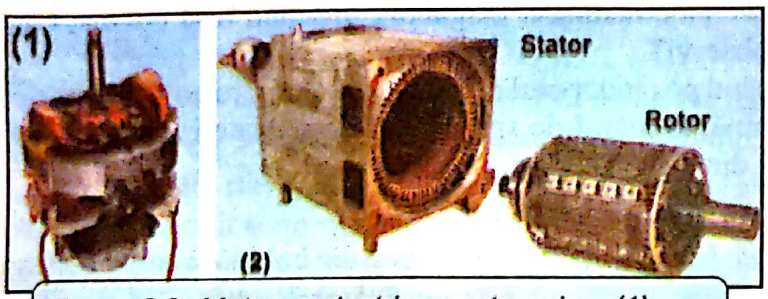


Figura 6.9. *Motoare electrice pentru mixer (1); locomotivă electrică (2)*

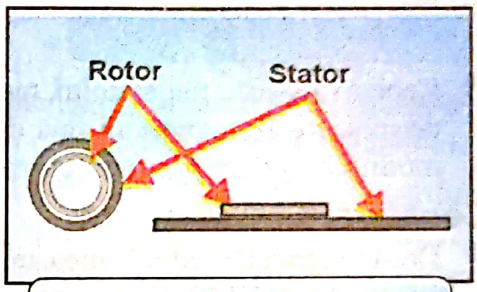


Figura 6.10. *Motor rotativ şi motor liniar*

Motorul liniar

Motorul rotativ are un dezavantaj major: există frecări relativ mari între axul rotorului şi lagăre (sistemul de fixare a rotorului), chiar dacă acestea au rulmenți sau diferite sisteme de ungere destinate micşorării frecărilor. Există însă numeroase situații în care motorul *rotativ* este folosit pentru a produce mişcare *liniară* (trenuri, diferite vehicule de transport etc.). A apărut astfel ideea de a realiza motoare care să producă direct o mişcare liniară, aşa-numitele *motoare liniare*. Ideea constructivă este relativ simplă: *desfăşurarea* statorului şi a rotorului de-a lungul traiectoriei (*figura 6.10*).

Figura 6.11. *Tren tip MAGLEV*

Motoarele liniare sunt folosite, deocamdată, relativ puțin, din cauza valorii mari a investiției inițiale (calea de rulare trebuie să conțină statorul pe toată lungimea sa) şi, evident, numai pentru vehicule ce au calea de rulare fixă: trenuri, vehicule de transport în parcuri de distracții, transportul bagajelor în aeroporturi etc. În plus, forțele de atracție dintre cele două părți ale motorului sunt destul de mari (ceea ce ridică probleme în ceea ce priveşte suspensia vehiculului), iar performanțele sunt influențate foarte mult de precizia realizării componentelor (ceea ce face necesară utilizarea unor tehnologii performante). Avantajele majore ale motoarelor electrice liniare sunt legate de construcția principial simplă şi foarte robustă, de costurile foarte mici pentru întreținere şi de durata lungă de exploatare. În *figura 6.11* poți observa un tren cu *suspensie magnetică* – MAGLEV (abreviere de la *Magnetic Levitation*) şi tracțiune cu motor electric liniar.

Scanned with OKEN Scanner

6.3 Inducția electromagnetică

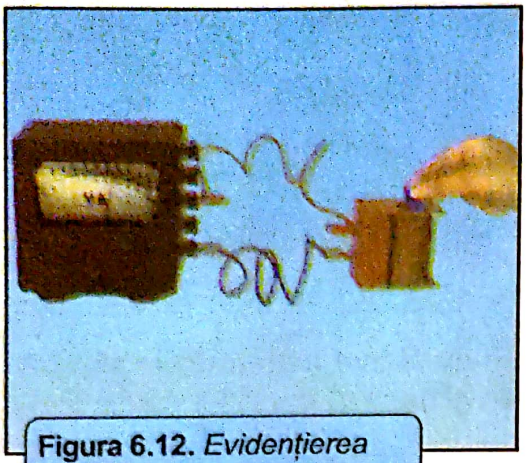


Figura 6.12. *Evidențierea inducției electromagnetice*

Experimentul 3

Materiale necesare

Un magnet permanent, o bobină cu o priză mediană și fără miez, un ampermetru (galvanometru), conductoare de legătură.

Mod de lucru

- Realizează circuitul reprezentat în *figura 6.12.*
- Mișcă magnetul, introducându-l și apoi scoțându-l din bobină. Ce observi? Ține magnetul nemișcat față de bobină. Ce observi?
- Ține nemișcat magnetul, mișcând însă bobina. Ce observi?
- Repetă mișcarea magnetului, modificând pe rând: polul magnetului aflat spre bobină, viteza de mișcare a magnetului față de bobină, numărul de spire al bobinei aflate în circuit. Ce modificări observi asupra curentului din circuit?

Constatări

- Dacă magnetul se află în mișcare *față de bobină*, în circuitul format din bobină și ampermetru *apare curent electric,* deși acest circuit *nu conține nici un generator electric.*
- Atunci când magnetul este în repaus față de bobină, indiferent de poziția lui, în circuit nu apare curent.
- Sensul curentului se inversează dacă se inversează orientarea magnetului sau sensul mișcării.
- Intensitatea curentului este mai mare dacă viteza magnetului este mai mare.
- Intensitatea curentului este mai mare atunci când sunt incluse în circuit toate spirele bobinei.

Concluzii

- Într-un circuit electric închis aflat în apropierea unui magnet apare un curent electric dacă poziția relativă a magnetului față de bobină se modifică.
- Intensitatea curentului electric produs depinde de *viteza* cu care se modifică poziția relativă a magnetului față de circuit și de numărul de spire.

Curentul electric care apare din această cauză este numit **curent electric indus**, iar fenomenul care îl produce este numit **inducție electromagnetică**. Circuitul electric în care apare curentul indus este numit **circuit indus** sau, pe scurt, **indus**.

Magnetul a cărui mișcare determină producerea inducției electromagnetice este numit **inductor**.

Pentru ca într-un circuit să apară un curent electric, în acel circuit trebuie să existe o *tensiune electromotoare*. Rezultă că, de fapt, inducția electromagnetică constă în apariția unei tensiuni electromotoare care, dacă circuitul indus este închis, determină apariția curentului indus. Această tensiune electromotoare este numită **tensiune electromotoare indusă**.

Dacă circuitul indus este deschis, atunci – evident – nu poate să apară în el un curent electric, dar apare tensiunea electromotoare indusă.
Rezultă astfel că, în Experimentul 3, *bobina are rol de generator* pentru circuitul din care face parte (circuitul indus).

Scanned with OKEN Scanner

Experimentul 4

Materiale necesare

Un electromagnet, un generator electric, o bobină cu priză mediană şi fără miez, un ampermetru (galvanometru), conductoare de legătură.

Mod de lucru

- Reia Experimentul 3 folosind electromagnetul în locul magnetului permanent.
- Urmăreşte dependenţa intensităţii curentului electric indus de intensitatea curentului din electromagnet.

Constatări

- Dacă se reia Experimentul 3 folosind un electromagnet în loc de un magnet permanent, fenomenele observate sunt aceleaşi.
- Intensitatea curentului indus depinde de intensitatea curentului din inductor.

Concluzii

- Rolul de *inductor* poate fi jucat nu doar de un magnet permanent, ci şi de un electromagnet.
- Dacă poziţia inductorului faţă de indus *se schimbă*, se produce inducţie electromagnetică.

Circuitul din care face parte inductorul este numit **circuit inductor**, iar curentul din acest circuit este numit **curent inductor**

Experimentul 5

Materiale necesare

Două bobine plasate pe acelaşi miez din fier, un generator, un întrerupător, un ampermetru (galvanometru), conductoare de legătură.

Mod de lucru

- Realizează montajul din *figura 6.13*. Circuitul inductor este format din una dintre bobine, generator, conductoare de legătură şi întrerupător. Circuitul indus este format din cealaltă bobină, ampermetru şi conductoarele de legătură. Cele două circuite sunt *cuplate* prin miezul magnetic.

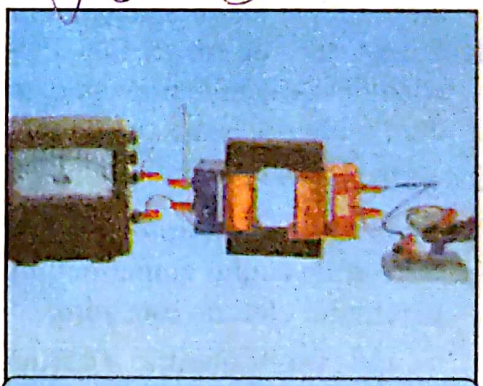


Figura 6.13. *Circuitul inductor şi cel indus pe acelaşi miez*

- Închide şi deschide circuitul inductor (aşteaptă câteva secunde după fiecare mişcare). Ce observi?
- Închide circuitul inductor. După câteva secunde (după ce curentul indus ajunge zero), modifică intensitatea curentului din circuitul inductor (modifică t.e.m. furnizată de generator). Ce observi?

Constatări

- La *închiderea* sau la *deschiderea* circuitului inductor, în circuitul indus apare un curent electric indus.
- Cât timp circuitul inductor este *menţinut* închis sau deschis, nu se produce inducţie electromagnetică.

Concluzie

- Se produce inducţie electromagnetică atunci când curentul inductor este variabil.

Scanned with OKEN Scanner

6.4 Alternatorul

Experimentul 6

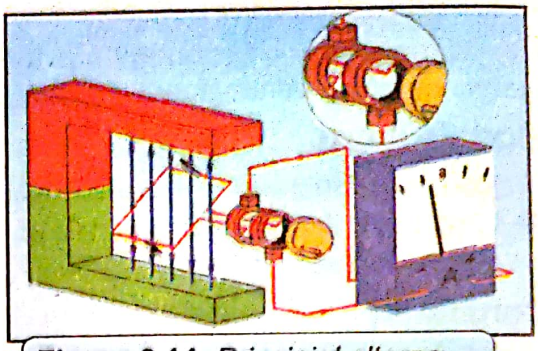


Figura 6.14. *Principiul alternatorului (în medalion, colectorul)*

Materiale necesare

Un magnet permanent, un cadru din sârmă care poate fi rotit în jurul unui ax şi care este prevăzut cu două contacte mobile (*figura 6.14*, medalion), un ampermetru (galvanometru) cu zero la mijlocul scalei, conductoare de legătură.

Mod de lucru

- Realizează montajul din *figura 6.14*.
- Roteşte cadrul. Ce observi?
- Modifică viteza de rotaţie a cadrului. Ce observi?

Constatări

- Acul ampermetrului *oscilează* în jurul valorii *zero*.
- Dacă se măreşte treptat viteza de rotaţie a cadrului, acul ampermetrului oscilează cu amplitudine mai mare şi mai rapid.
- Dacă viteza de rotaţie a cadrului este mărită prea mult, acul ampermetrului nu mai poate oscila din cauza inerţiei sale, rămânând în dreptul valorii *zero*. Eventual, se poate observa cum vibrează foarte rapid, dar, datorită inerţiei, cu amplitudine foarte mică.

Concluzii

- Datorită rotirii cadrului, circuitul este parcurs de un curent care îşi schimbă periodic sensul.
- Oscilaţiile acului ampermetrului în jurul valorii *zero* indică faptul că intensitatea medie a curentului electric este zero.

Un curent electric a cărui intensitate nu este constantă în timp este numit **curent electric variabil**.

Dacă un curent electric îşi inversează periodic sensul, astfel încât sarcina electrică transportată în *ambele sensuri* într-o perioadă este aceeaşi, atunci curentul electric este numit **curent electric alternativ**. Pentru un curent alternativ, valoarea medie a intensităţii curentului este *zero*.

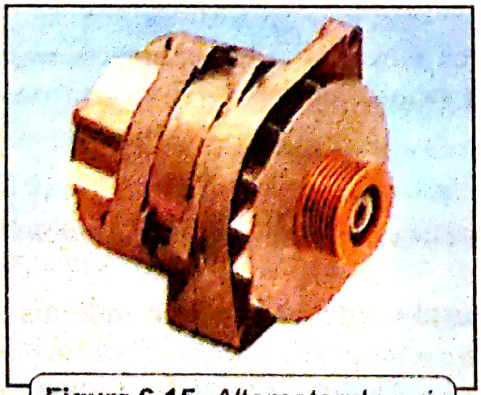


Figura 6.15. *Alternatorul unui autoturism*

Sistemul fizic utilizat în Experimentul 6 este un **generator electric de curent alternativ** (numit şi **alternator**). Generatoare bazate pe acelaşi principiu de funcţionare sunt utilizate pentru:

- producerea industrială a energiei electrice în termocentrale, în hidrocentrale şi în centrale atomice (vezi paragraful 10.1);
- producerea energiei electrice în sisteme de mică putere, cum sunt: alternatorul de la bicicletă (numit în limbaj curent – dar eronat – *dinam*), alternatorul de la autovehicule (*figura 6.15*) etc.

Scanned with OKEN Scanner

Documentar

Dinamul

Experimentul 7

Materiale necesare

Aceleaşi materiale ca la Experimentul 6, dar colectorul rotorului este *segmentat* (*figura 6.16*).

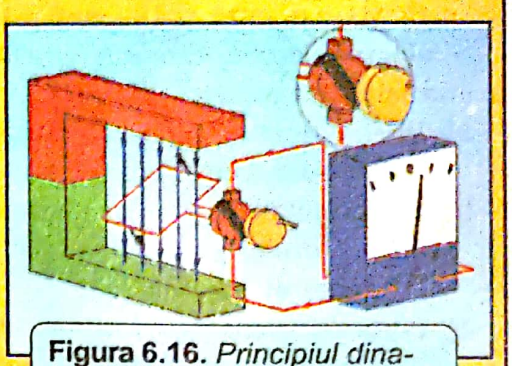


Figura 6.16. *Principiul dinamului (în medalion, colectorul)*

Mod de lucru

- Realizează acelaşi montaj ca şi la Experimentul 6.
- Roteşte cadrul. Ce observi?
- Măreşte viteza de rotaţie a cadrului. Ce observi?

Constatări

- La viteze de rotaţie mici, se observă oscilaţii ale acului ampermetrului, dar *într-o singură parte faţă de zero*.
- La viteze de rotaţie mari, acul ampermetrului nu mai oscilează, dar este deviat faţă de *zero*.

Concluzii

- În cadru se produce inducţie electromagnetică.
- Datorită construcţiei colectorului, în momentul inversării sensului curentului indus în cadru se inversează şi contactele colectorului. În acest fel, sensul curentului prin ampermetru rămâne în permanenţă acelaşi.

Un astfel de generator este numit **dinam**. El generează o t.e.m. variabilă, dar care este tot timpul *în acelaşi sens*.

REŢINE!

Forţa electromagnetică

- acţionează asupra unui conductor parcurs de curent electric, sub influenţa unui magnet permanent sau a unui electromagnet;
- creşte dacă se măreşte intensitatea curentului din conductor;
- este perpendiculară pe direcţia conductorului;
- acţionează asupra conductorului dacă acesta nu este plasat exact pe direcţia pe care s-ar plasa un ac magnetic în zona respectivă;
- are rol de forţă de tracţiune în funcţionarea motoarelor electrice.

REŢINE!

Inducţia electromagnetică

- este un fenomen care constă în apariţia într-un circuit electric a unei t.e.m. şi, dacă circuitul este închis, şi a unui curent electric;
- se produce atunci când inductorul îşi modifică poziţia faţă de indus sau când intensitatea curentului electric din circuitul inductor se modifică.
- Curentul electric indus creşte dacă modificarea stării inductorului este mai rapidă.
- Principiul de funcţionare al alternatorului şi al dinamului se bazează pe fenomenul de inducţie electromagnetică.

Scanned with OKEN Scanner

Teste

1. Dacă plasezi între polii unui magnet un conductor electric, care dintre următoarele afirmații sunt corecte?
   a) Forța electromagnetică acționează întotdeauna asupra conductorului.
   b) Forța electromagnetică acționează asupra conductorului pe o direcție paralelă cu conductorul.
   c) Forța electromagnetică acționează asupra conductorului numai dacă acesta este parcurs de curent electric.
   d) Forța electromagnetică acționează întotdeauna asupra conductorului, dacă acesta este parcurs de curent electric.
   e) Forța electromagnetică acționează asupra conductorului pe o direcție perpendiculară pe conductor.

2. Dacă plasezi între polii unui magnet un conductor electric, care dintre următoarele afirmații sunt false?
   a) Sensul forței electromagnetice depinde de sensul curentului electric.
   b) Sensul forței electromagnetice depinde de poziția polilor magnetului.
   c) Valoarea forței electromagnetice depinde de poziția polilor magnetului.
   d) Sensul forței electromagnetice depinde de intensitatea curentului electric.
   e) Valoarea forței electromagnetice depinde de intensitatea curentului electric.

3. Care dintre următoarele afirmații referitoare la un motor electric sunt false?
   a) Forța electromagnetică este o aplicație a motorului electric.
   b) Motorul electric transformă, la fel ca orice alt generator electric, energia mecanică în energie electrică.
   c) Unui motor electric i se furnizează energie electrică, iar el o transformă în energie mecanică.
   d) Colectorul este format din lamele pe care alunecă periuțe.
   e) Orice motor electric este alcătuit din două părți: rotor și periuțe.

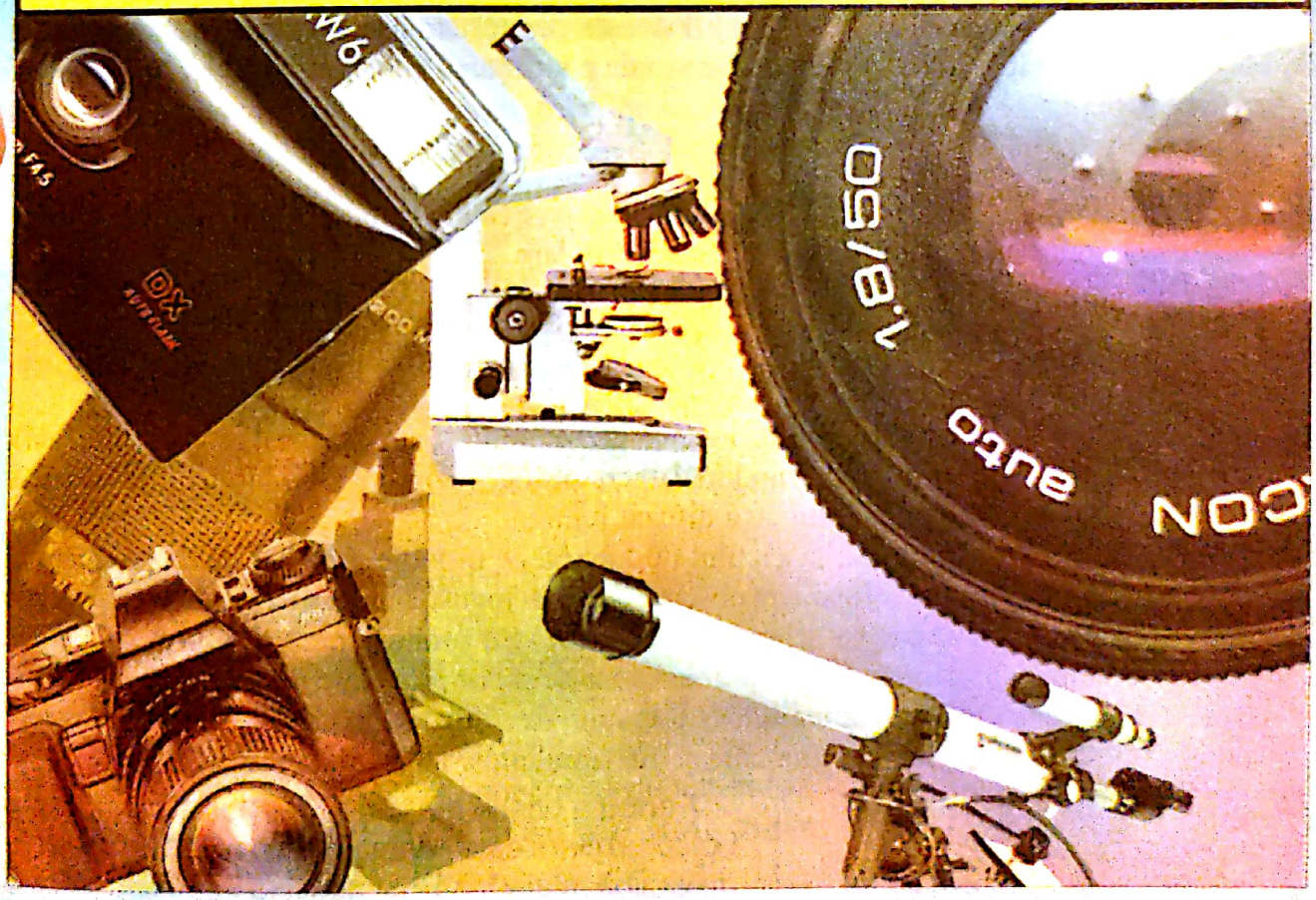
4. În ceea ce privește funcționarea unui motor electric, care dintre următoarele afirmații sunt adevărate?
   a) Mișcarea rotorului se datorează acțiunii unui cuplu de forțe.
   b) Cuplul de forțe are o valoare constantă, indiferent de poziția rotorului.
   c) Rotorul este format din mai multe bobine, pentru a i se asigura o mișcare cât mai uniformă.
   d) Orice motor electric are randamentul 100%.
   e) Motorul electric liniar, deși scump, este utilizat datorită duratei lungi de funcționare și simplității întreținerii.

5. Dacă se mișcă un magnet în apropierea unui circuit electric închis, care dintre următoarele afirmații sunt false?
   a) Intensitatea curentului electric indus în circuit este mai mare atunci când viteza relativă a magnetului față de circuit este mai mare.
   b) Sensul curentului indus depinde de sensul mișcării și de orientarea polilor magnetului.
   c) În circuit apare curent electric indus chiar dacă magnetul se află în repaus față de circuit.
   d) Inducția electromagnetică este un fenomen pe care se bazează funcționarea unor generatoare electrice.
   e) Singura cale de a produce curent indus este mișcarea unui magnet în apropierea unui circuit electric.

Scanned with OKEN Scanner

7

INSTRUMENTE OPTICE



- Aparatul de fotografiat
- Microscopul

Scanned with OKEN Scanner

7.1 Aparatul fotografic

Principiul aparatului fotografic

Probabil că nu o dată ai avut posibilitatea să vezi un aparat fotografic sau să faci chiar fotografii (*figura 7.1*). În continuare, vei avea ocazia să afli principiul de funcționare al unui aparat fotografic, precum şi câteva aspecte deosebite legate de utilizarea lui.

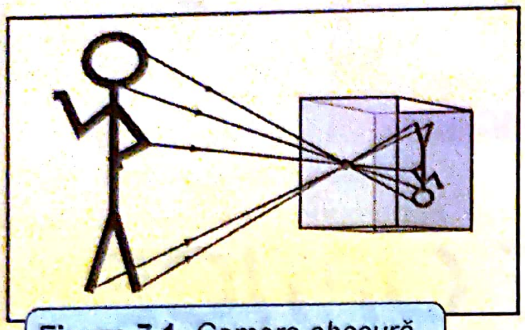


Figura 7.1. *Camera obscură*

Experimentul 1

Materiale necesare

O cutie paralelipipedică realizată dintr-un material opac (de exemplu, din carton), cu excepția unuia dintre pereți, care este realizat dintr-un material translucid (de exemplu, pergament sau sticlă mată). În centrul peretelui opus celui translucid este practicat un orificiu mic.

Mod de lucru

- Orientează peretele cu orificiu al cutiei spre un obiect care difuzează puternic lumină (de exemplu, un coleg luminat de Soare). Priveşte peretele translucid (aşază-te astfel încât acesta să nu fie luminat direct de Soare sau de o altă sursă puternică de lumină).
- Acoperă parțial orificiul. Ce modificări se produc?

Constatări

- Pe peretele translucid se vede imaginea obiectului spre care este îndreptat peretele cu orificiu.
- Imaginea este răsturnată, iar contururile sunt neclare.
- Dacă se acoperă parțial orificiul, imaginea devine mai puțin luminoasă, scade contrastul (deosebirea dintre zonele luminoase şi cele întunecate), dar contururile devin mai clare.

Explicații

- Lumina incidentă în fiecare punct al unui obiect este împrăştiată în toate direcțiile (difuzată); o parte dintre razele difuzate pătrund în camera obscură prin orificiu, formând pe peretele translucid o *imagine* a obiectului ce a difuzat lumina.
- Dacă se micşorează orificiul, fasciculul de lumină ce provine de la un punct oarecare al obiectului şi care pătrunde în camera obscură este mai îngust, iluminarea produsă pe peretele translucid fiind mai slabă. În schimb, *pata luminoasă* produsă pe perete este mai mică, ceea ce determină o suprapunere mai mică a fasciculelor provenite de la puncte diferite şi deci contururi mai clare ale imaginilor observate. Rezultă deci că un astfel de sistem optic nu permite obținerea unei imagini care să fie simultan şi luminoasă, şi clară.

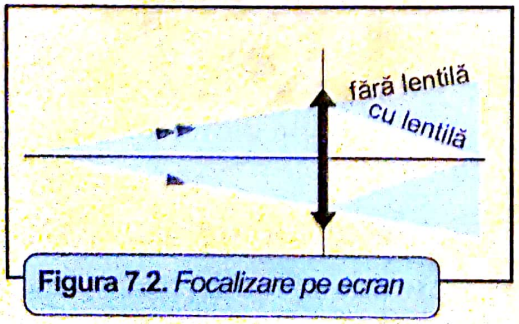


Figura 7.2. *Focalizare pe ecran*

Pentru a obține atât o imagine luminoasă, cât şi contururi clare este necesar să fie utilizate fascicule de lumină relativ largi, dar acestea trebuie *focalizate* într-o zonă cât mai îngustă, pe peretele opus orificiului. Rezultă astfel necesitatea utilizării unei *lentile convergente*, care să focalizeze pe ecran fiecare fascicul de lumină (*figura 7.2*). Acesta este principiul de funcționare al unui aparat fotografic.

Scanned with OKEN Scanner

Construcția aparatului fotografic

Un aparat fotografic (*figura 7.3*) este format din următoarele elemente funcționale:

Figura 7.3. *Aparat fotografic*

A. Obiectivul

Obiectivul este un sistem optic format din mai multe lentile. Pe ansamblu, el are o comportare asemănătoare unei lentile convergente şi este caracterizat prin doi parametri importanți:

- **distanța focală**. Un obiectiv normal pentru aparatele care lucrează cu filme fotografice cu lățimea de 24 mm are distanța focală de 50 mm; Un *teleobiectiv* (destinat fotografierii obiectelor aflate la distanță mare) are distanța focală mai mare (70-300 mm). Există şi obiective cu distanță focală mai mică (de exemplu, 35 mm); acestea se numesc *obiective superangulare* şi se folosesc pentru fotografierea în spații mici, atunci când aparatul de fotografiat nu poate fi depărtat suficient de obiectele care trebuie fotografiate (de exemplu, în încăperi). Aparatele fotografice „profesionale" sunt astfel construite încât să li se poată schimba obiectivele foarte uşor sau au obiective cu distanță focală variabilă (numite *obiective zoom*).

Figura 7.4. *Obiectivul*

- **deschiderea maximă**. Un obiectiv este mai bun atunci când deschiderea sa maximă (diametrul fasciculului de lumină care poate trece prin el) este mai mare. Deschiderea obiectivului poate fi reglată cu ajutorul unui dispozitiv numit **diafragmă**. Diafragma este formată din mai multe lamele care pot acoperi o zonă mai mică sau mai mare din lentile (*figura 7.5*). Deschiderea este indicată cantitativ printr-o scară gradată, în care *valorile mari corespund deschiderilor mici şi invers*. Valorile standardizate sunt: 22 (cea mai mică deschidere); 11; 8; 5,6; 4; 2,8; 1,8; 1,2 (cea mai mare deschidere).

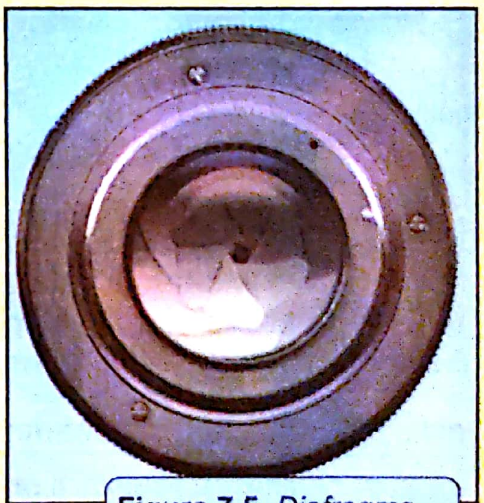


Figura 7.5. *Diafragma*

Aceste două caracteristici (*distanța focală* şi *deschiderea maximă*) sunt notate pe obiectiv. De exemplu, obiectivul din *figura 7.4* are distanța focală de 50 mm, iar deschiderea maximă (numită şi *diafragmă maximă*) este 1,8.

Scanned with OKEN Scanner

Figura 7.6. *Camera filmului*

B. Camera obscură (camera filmului)

Camera obscură (*figura 7.6*) este formată, de obicei, din trei compartimente:

- magazia pentru filmul neexpus (*1*); aici se introduce caseta cu filmul fotografic;
- magazia pentru filmul expus (*2*);
- zona de expunere (*3*).

Camera filmului cuprinde un sistem de tracțiune (*7.6-4* şi *figura 7.7-3*) care deplasează filmul între cele două magazii, astfel încât să nu se poată face două expuneri pe aceeaşi zonă a filmului, dar să nu rămână nici zone nefolosite pe film. După ce se expune tot filmul, acesta este adus înapoi, în prima casetă, cu ajutorul altui sistem de tracțiune (*7.6-5* şi *7.7-2*).

În zona de expunere se află **obturatorul**. Rolul său este de a lăsa să treacă lumina spre film doar în intervalele de timp în care se doreşte acest lucru (în timpul **expunerii**). Este format, de obicei, dintr-un număr mic de lamele plasate asemănător unui *oblon*. Acesta se dă la o parte din fața filmului la începerea expunerii, iar la sfârşitul ei, un al doilea „oblon" vine din partea opusă şi închide camera obscură. Când se deplasează filmul pentru a aduce în zona de expunere o porțiune neexpusă, se deplasează şi cele două grupuri de lamele, reluându-şi pozițiile inițiale. Datorită acestui mod de funcționare, acest tip de obturator este numit *obturator cu perdele*.

Figura 7.7. *Fața superioară a aparatului de fotografiat*

Durata expunerii (numită **timp de expunere**) poate fi reglată (*figura 7.7.1*). Valorile sunt standardizate şi indicate astfel: 30; 60; 125; 250; 500; 1000; 3000. Aceste numere reprezintă fracțiuni dintr-o secundă; astfel, dacă timpul de expunere este reglat la „250", înseamnă că valoarea sa este $\frac{1}{250}$ s. Aparatele „profesionale" au şi posibilitatea realizării unor timpi de expunere mai mari şi mai mici decât cei de mai sus.

C. Sistemul de vizare

Acest sistem permite utilizatorului să vadă în orice moment obiectele a căror imagine se va înregistra pe film, dacă ar realiza o expunere în acel moment.

Există două tipuri de sisteme de vizare:

Scanned with OKEN Scanner

- **sisteme de vizare separată**. Un astfel de aparat (*figura 7.8*) are două obiective: prin unul dintre ele trece fasciculul de lumină care va ajunge la film (*1*), iar prin celălalt (*2*) trece fasciculul care ajunge la ochiul utilizatorului.

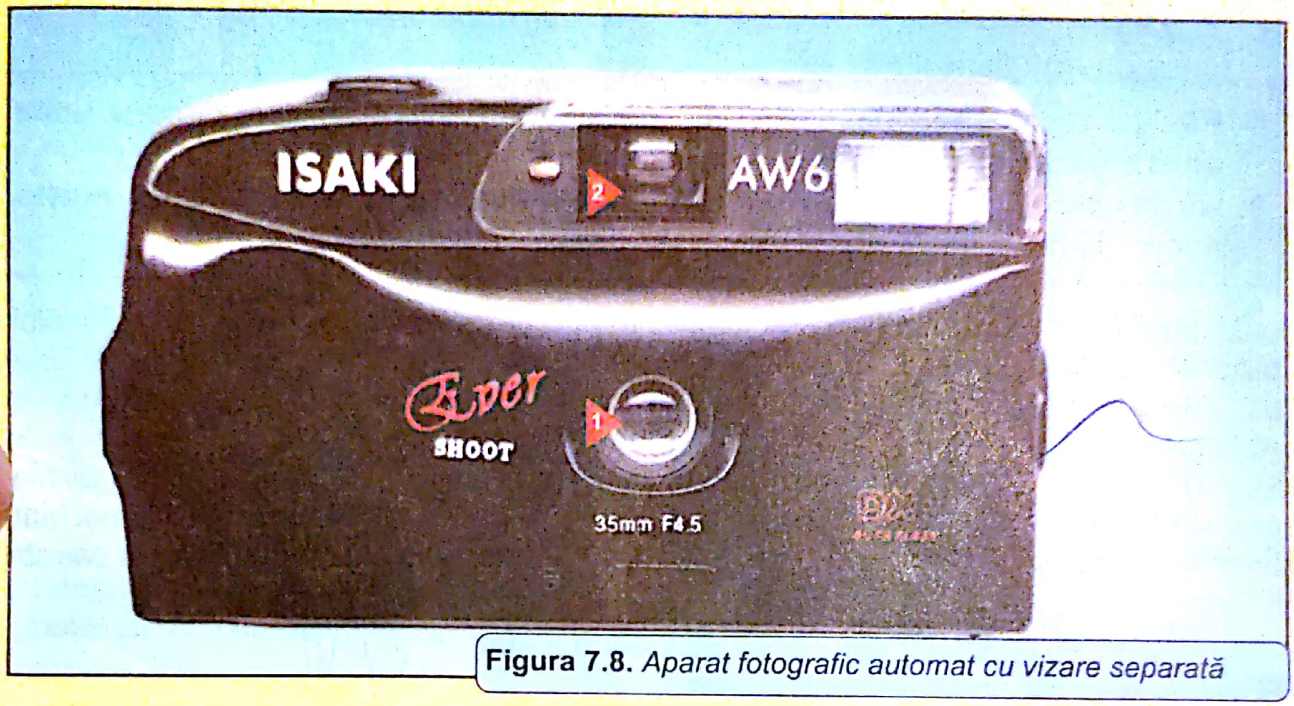


Figura 7.8. *Aparat fotografic automat cu vizare separată*

- **sisteme de vizare prin obiectiv**. Astfel de sisteme (*figura 7.9*) sunt mai precise în delimitarea zonei care se fotografiază, deoarece este folosit *același obiectiv* și pentru observare, și pentru fotografiere. În timpul (foarte scurt) al expunerii, oglinda oblică basculează (se ridică), permițând fasciculului de lumină să ajungă la obturator și, mai departe, la film. Elementul constructiv deosebit al acestui sistem de vizare îl constituie o prismă optică pe fețele căreia se produce reflexie totală. Pe fețele prismei sunt montate și alte dispozitive (pentru măsurarea luminozității obiectului fotografiat și a distanței până la el).

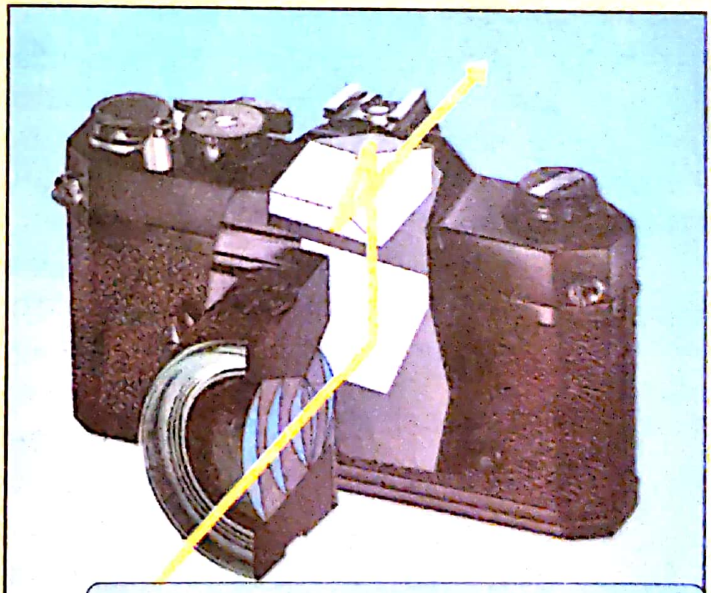


Figura 7.9. *Sistemul de vizare prin obiectiv*

Filmul fotografic

Într-un aparat fotografic, imaginea se înregistrează pe un *film fotografic*. Acesta este alcătuit dintr-un *suport transparent* (*figura 7.10.1*) și un *strat fotosensibil* (*figura 7.10.2*).

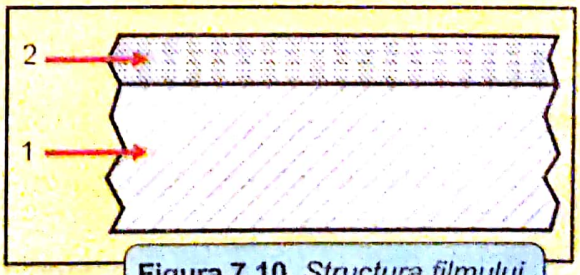


Figura 7.10. *Structura filmului fotografic*

Scanned with OKEN Scanner

Stratul fotosensibil este format din microcristale sensibile la lumină, prinse într-un liant flexibil (de tipul gelatinei). Dacă pe un astfel de microcristal (sau pe o zonă a acestuia) ajunge un fascicul de lumină, în întregul microcristal se modifică structura chimică prin *reacții fotochimice*. Rezultă astfel următoarele caracteristici ale filmului fotografic:

- **Pe filmul fotografic nu se pot înregistra detalii mai mici decât dimensiunea unui microcristal sensibil la lumină.**
- **Un fascicul de lumină mai intens produce modificări în mai multe microcristale.**

Aceste două caracteristici ale filmului fotografic determină **sensibilitatea** filmului, proprietate care trebuie cunoscută atunci când se utilizează filmul. Există diferite scări pentru sensibilitate. Cea mai utilizată în prezent este **ASA** (**A**merican **S**tandard **A**ssociation). Filmele produse pentru scopuri obișnuite au, pe această scară, sensibilități în gama 100 ASA, 200 ASA, 400 ASA. Valorile mai mari indică o sensibilitate mai mare. Această sensibilitate mai mare se obține folosind cristale fotosensibile mai mari în emulsia fotografică. Rezultă astfel că *un film mai sensibil la lumină nu este capabil să înregistreze detalii mici.*

Utilizarea filmului fotografic implică două etape:

- expunerea (fotografierea propriu-zisă);
- developarea.

Prin *developare* se urmărește evidențierea pe film a imaginilor care s-au format în timpul expunerii, adică evidențierea zonelor în care s-au produs reacții fotochimice. În timpul developării se realizează însă și *desensibilizarea filmului,* astfel încât la orice expunere ulterioară la lumină să nu se mai producă alte reacții fotochimice, precum și *fixarea filmului,* astfel încât imaginile obținute să devină stabile în timp.

Suportul transparent al filmului fotografic este prevăzut, de obicei, cu perforații laterale (*figura 7.11*), care permit deplasarea sa de către sistemul de tracțiune (*figura 7.6.4*).

Figura 7.11. *Aspectul filmului fotografic (color negativ - CN)*

În funcție de sensibilitatea spectrală a stratului fotosensibil, un film poate fi:

- alb-negru – AN;
- color – C.

În funcție de modul de înregistrare a imaginii, un film poate fi:

- negativ – N (cel mai utilizat);
- pozitiv – P (pentru diapozitive).

În *figura 7.12* este reprezentat un ecran pe care sunt desenate mai multe benzi colorate. În *figurile 7.13, 7.14* și *7.15* sunt reprezentate imaginile acestui ecran, realizate pe diferite tipuri de filme.

Utilizarea filmelor negative impune realizarea unei copieri tot pe un material fotosensibil negativ (pe un suport de hârtie sau carton), numit *hârtie fotografică*. Astfel, imaginea obținută va fi cea a obiectului fotografiat. Considerațiile prezentate în legătură cu filmele fotografice sunt valabile și pentru hârtia fotografică.

Scanned with OKEN Scanner

Figura 7.12. *Benzi colorate*

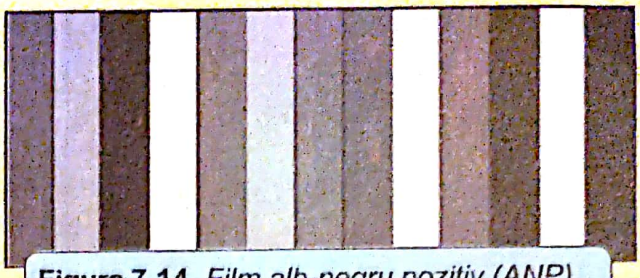


Figura 7.14. *Film alb-negru pozitiv (ANP)*

Figura 7.13. *Film color negativ (CN)*

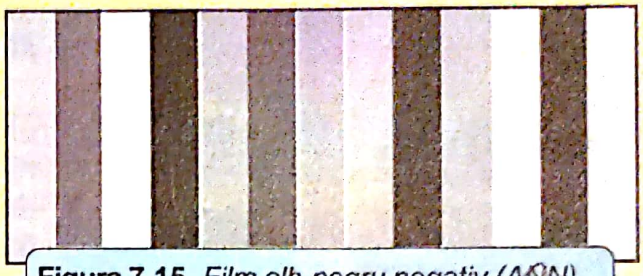


Figura 7.15. *Film alb-negru negativ (ANN)*

În *figura 7.16* (EuroDisney) poți observa o imagine obținută pe hârtie după fotografierea cu un obiectiv normal (f = 50 mm). Imaginile următoare sunt cele care se obțin cu un teleobiectiv cu distanța focală de 200 mm, folosind diferite tipuri de filme.

Figura 7.16. *Hârtie CN, 50 mm*

Figura 7.17. *Film CN, 200 mm*

Figura 7.18. *Film ANN, 200 mm*

Figura 7.19. *Film CN, 50 mm*

Figura 7.20. *Hârtie CN, 200 mm*

Figura 7.21. *Hârtie ANN, 200 mm*

Utilizarea aparatului fotografic

A. Reglarea distanței

În clasa a VII-a ai avut posibilitatea să afli că:

- o lentilă convergentă poate forma o imagine reală pe un ecran;
- între distanța obiect-lentilă, distanța lentilă-imagine și distanța focală există o legătură: pentru o lentilă dată, dacă distanța obiect-lentilă crește, distanța

Scanned with OKEN Scanner

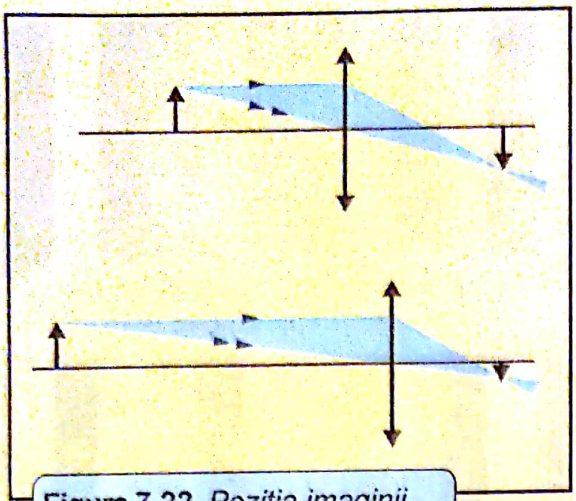


Figura 7.22. *Poziția imaginii*

Figura 7.23. *Reglarea distanței*

Figura 7.24. *Reglarea distanței*

lentilă-ecran trebuie să scadă pentru ca pe ecran să se formeze imaginea clară a obiectului (*figura 7.22*).

Rezultă astfel că obiectivul unui aparat fotografic trebuie să poată fi poziționat la distanțe diferite de film, în funcție de distanța la care se găsesc obiectele ce trebuie fotografiate. Aceasta se realizează prin rotirea unuia dintre inelele mobile ale obiectivului (*figura 7.23.1*). Distanța se citește în dreptul reperului roșu (*figura 7.23.2*).

În cazul obiectivului din *figura 7.23*, distanța este reglată la 5 m. Se constată însă că, în realitate, imaginea obținută pe film este suficient de clară, chiar dacă obiectul nu se află exact la 5 m de obiectiv.

Zona în care se poate găsi un obiect astfel încât imaginea sa, obținută pe film, să aibă o claritate satisfăcătoare este numită **profunzimea câmpului**. Ea depinde foarte mult de diafragmă: dacă diafragma este deschisă mai mult, profunzimea câmpului este mai mică şi invers (vezi constatările de la Experimentul 1).

La aparatele fotografice „profesionale" este posibilă cunoaşterea profunzimii câmpului. În *figura 7.24* poți vedea un obiectiv care are diafragma reglată la valoarea „8" (prin rotirea inelului – *figura 7.24.1* – în dreptul reperului – *figura 7.24.2*). Zona de claritate (profunzimea câmpului) se citeşte de o parte şi de alta a reperului pentru distanță, în dreptul celor două valori „8". Se găsesc astfel valorile de 2 m şi respectiv de 5 m. Deci profunzimea câmpului este cuprinsă între 2 m şi 5 m.

! Reglarea poziției obiectivului față de film trebuie făcută, de fapt, reglând profunzimea câmpului, nu distanța din dreptul reperului.

Tema 1

Imaginează-ți că ești într-o excursie şi vrei să faci o fotografie unor colegi. În spatele lor, la distanță mare, este un munte a cărui imagine clară vrei să fie vizibilă în fotografie. Presupunând că diafragma este reglată la poziția „11" (*figura 7.25*), se va obține o imagine clară a muntelui? Care este distanța minimă la care se pot afla colegii pentru ca imaginea lor să fie clară?

Scanned with OKEN Scanner

Tema 2

Pentru obiectivul din *figura 7.26*, identifică valoarea diafragmei şi profunzimea câmpului.

B. Reglarea diafragmei şi a timpului de expunere

Pentru obținerea unei imagini utilizabile, este necesar ca pe film să fie incidentă o *anumită energie luminoasă*. Rezultă astfel că:

- în cazul fotografierii unor obiecte care difuzează slab lumina (sunt întunecate) este necesară utilizarea unui timp de expunere mare şi a unei diafragme mari;
- pentru acelaşi obiect, în aceleaşi condiții de iluminare, dacă se măreşte timpul de expunere, trebuie micşorată diafragma.

Există aparate speciale care indică *perechile* de valori *diafragmă – timp de expunere* pentru un obiect oarecare, prin măsurarea energiei luminoase difuzate de acesta. Astfel de aparate se numesc **exponometre**. Toate aparatele fotografice moderne au încorporat un exponometru.

La aparatele destinate amatorilor, exponometrul comandă selectarea automată a diafragmei şi a timpului de expunere, pe când la cele „profesionale", utilizatorul are posibilitatea să aleagă între diferitele perechi de valori posibile. Posibilitatea de alegere este deosebit de utilă deoarece:

- diafragma determină profunzimea câmpului;
- timpul de expunere este condiționat de vitezele pe care le pot avea obiectele fotografiate (de exemplu, dacă se fotografiază valurile mării cu un timp de expunere mai mare de $\frac{1}{250}$ s, acestea vor apărea ca nişte pete albe, imaginea fiind „mişcată").

Indicațiile exponometrului, la aparatele „profesionale", sunt furnizate în vizor prin poziția unui ac plasat în dreptul unei scale gradate (*figura 7.27*, dreapta). Modificând diafragma şi timpul de expunere, acul trebuie adus la „zero".

Figura 7.25.

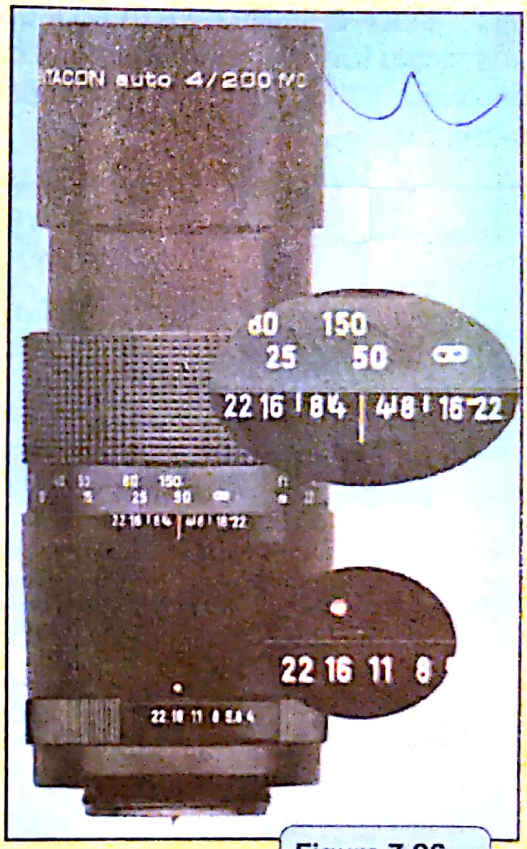


Figura 7.26.

Figura 7.27. *Scala exponometrului*

Scanned with OKEN Scanner

7.2 Microscopul optic

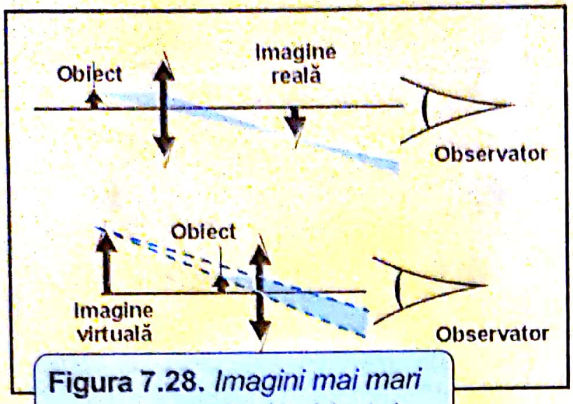


Figura 7.28. *Imagini mai mari decât obiectul*

Pentru a observa detalii foarte apropiate ale unui obiect se poate folosi o lentilă convergentă, plasată astfel încât să redea o imagine mai mare decât obiectul (*figura 7.28*). Imaginea obținută astfel poate fi:

- **reală** (*figura 7.28, sus*);
- **virtuală** (*figura 7.28, jos*).

Ambele tipuri de imagini pot fi văzute direct cu ochiul liber, plasat *după* locul lor de formare. Imaginea reală poate fi însă observată şi pe un *ecran*.

Dacă detaliile care trebuie observate nu se pot distinge totuşi, se poate folosi un ansamblu format din *două* lentile convergente, plasate astfel încât imaginea furnizată de prima să joace rol de obiect pentru a doua lentilă. Un astfel de sistem optic este numit **microscop optic**.

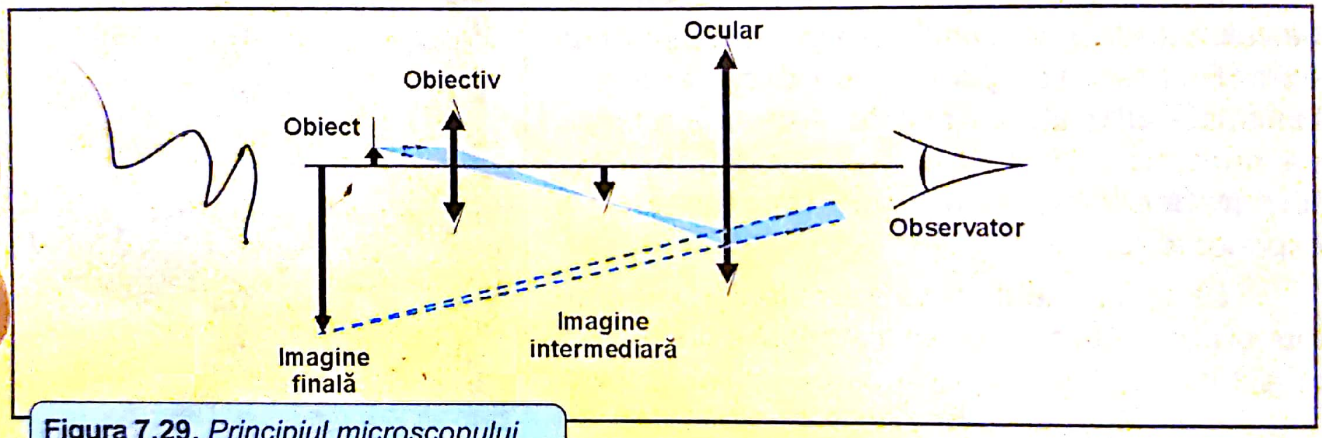


Figura 7.29. *Principiul microscopului*

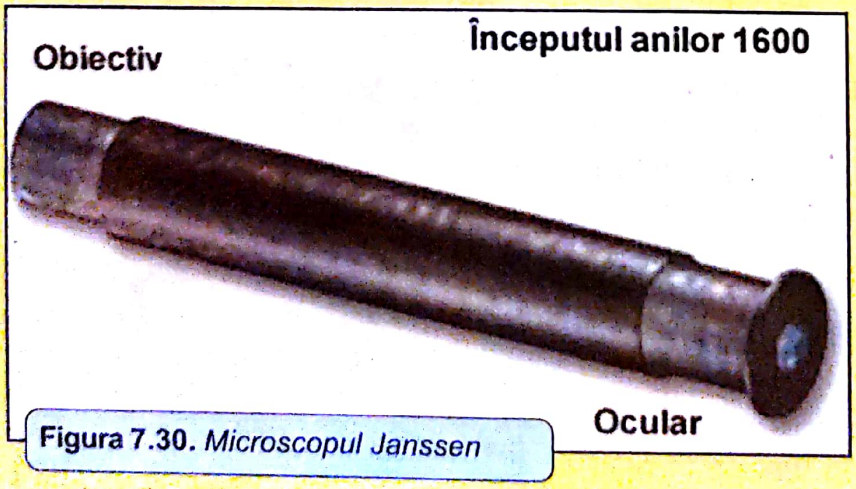


Figura 7.30. *Microscopul Janssen*

Lentila aflată lângă obiect este numită **obiectiv**, iar cea aflată lângă ochi este numită **ocular** (*figura 7.29*).

Ideea reunirii a două lentile pentru a putea observa detalii foarte apropiate datează de la începutul secolului al XVII-lea (*figura 7.30*).

Evoluția ulterioară a construcției microscoapelor poate fi urmărită în *figurile 7.31, 32, 33, 34* şi *35*.

Orice microscop este caracterizat prin **mărirea liniară** – mărime adimensională – egală cu raportul dintre dimensiunea imaginii şi dimensiunea obiectului.

Scanned with OKEN Scanner

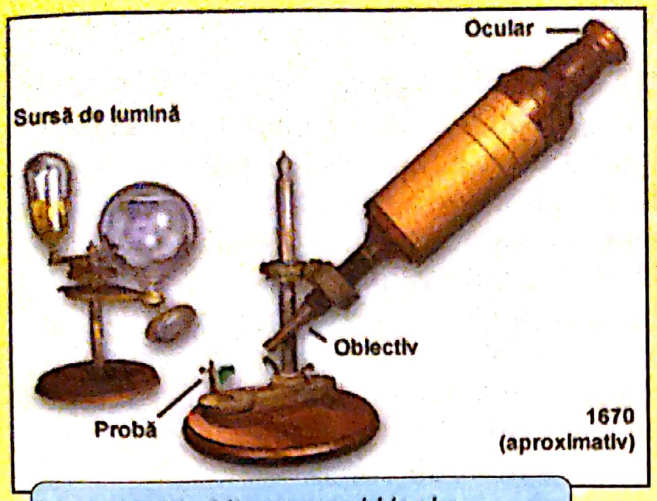


Figura 7.31. *Microscopul Hooke*

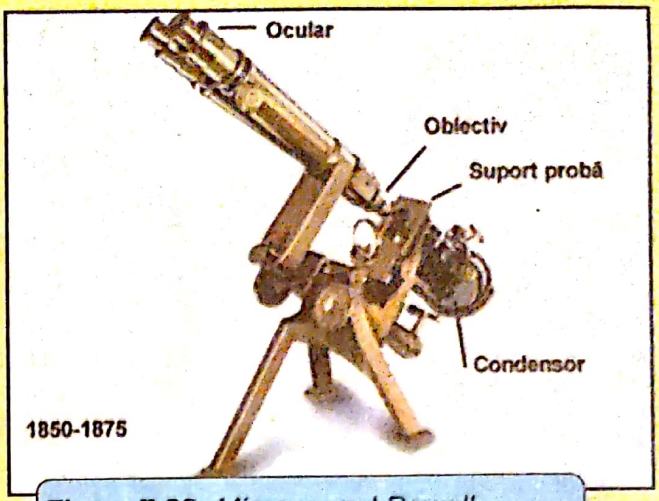


Figura 7.32. *Microscopul Powell*

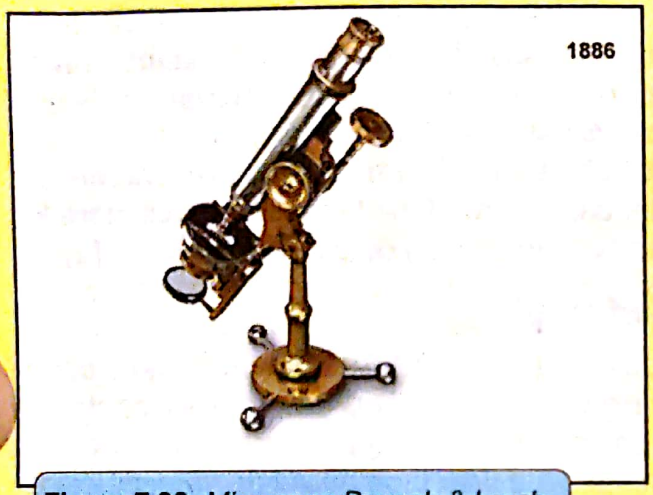


Figura 7.33. *Microscop Bausch & Lomb*

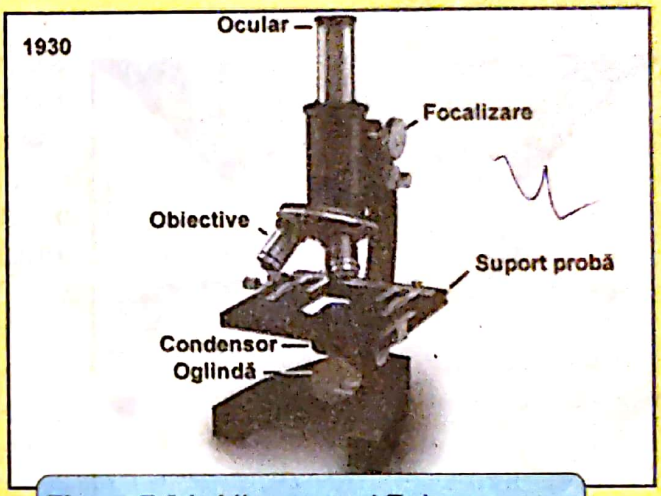


Figura 7.34. *Microscopul Zeiss*

În principal, evoluția microscopului a urmărit:

- obținerea unor măriri liniare în domenii cât mai extinse;
- obținerea unor imagini clare (luminozitatea și contrastul imaginii cât mai bune);
- înregistrarea imaginilor observate;
- observarea comodă a imaginilor.

Un microscop este alcătuit din următoarele elemente:

- obiectiv;
- ocular;
- sistem de iluminare;
- sistem de înregistrare.

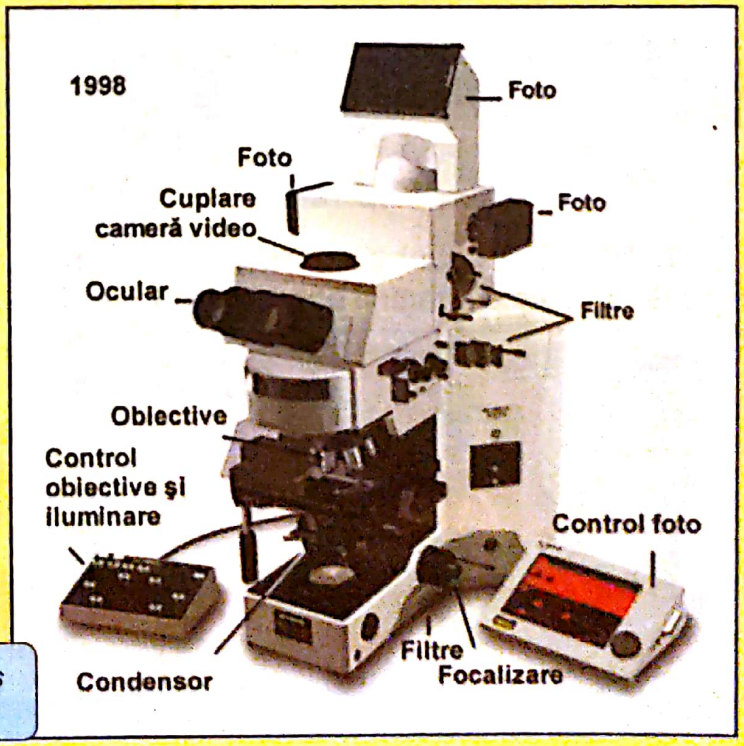


Figura 7.35. *Microscopul Olympus Provis AX 70*

Scanned with OKEN Scanner

Figura 7.36. *Obiectiv*

A. Obiectivul

Acest sistem optic (*figura 7.36*) este format din mai multe lentile, dar, pe ansamblu, este un sistem optic convergent. El este plasat în imediata apropiere a obiectului observat, la o distanță cu puțin mai mare decât distanța sa focală (câțiva milimetri).

Microscoapele de cercetare sunt prevăzute cu mai multe obiective, prinse într-o montură care se poate roti. Astfel, poate fi adus în dreptul axului optic principal al sistemului acel obiectiv care asigură mărirea dorită.

Pentru îmbunătățirea calității imaginii (contrast, luminozitate), la microscoapele destinate obținerii unor măriri foarte mari, între obiect şi obiectiv se pune un strat fin de lichid (de exemplu, ulei de cedru). Un astfel de microscop se numeşte **microscop cu imersie**.

Poți observa în *figura 7.37* faptul că „numărul" razelor care pătrund în obiectiv este mai mare în prezența lichidului (**b**) decât în absența sa (**a**).

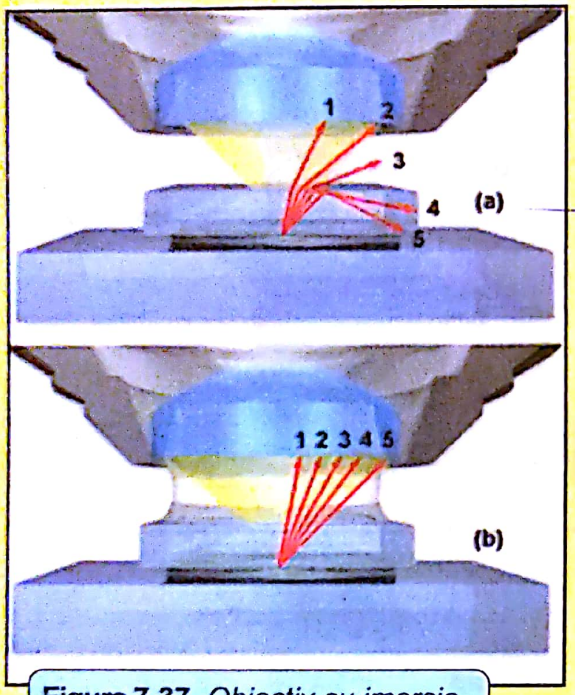


Figura 7.37. *Obiectiv cu imersie*

B. Ocularul

Şi ocularul (*figura 7.38*) este un sistem optic convergent. Atunci când este folosit pentru a furniza imagini virtuale, are o comportare asemănătoare unei lupe. Rolul de obiect îl joacă imaginea furnizată de obiectiv.

Unele microscoape sunt prevăzute cu oculare de schimb, utilizate pentru a obține măriri diferite. Majoritatea microscoapelor moderne au *o pereche de oculare,* pentru a permite **observarea binoculară**. Cele două fascicule de lumină se obțin prin împărțirea fasciculului inițial cu ajutorul unei prisme cu reflexie totală.

Unele oculare sunt prevăzute cu sisteme care permit măsurarea distanței între diferite detalii ale imaginii observate (*figura 7.39*).

Figura 7.38. *Ocular*

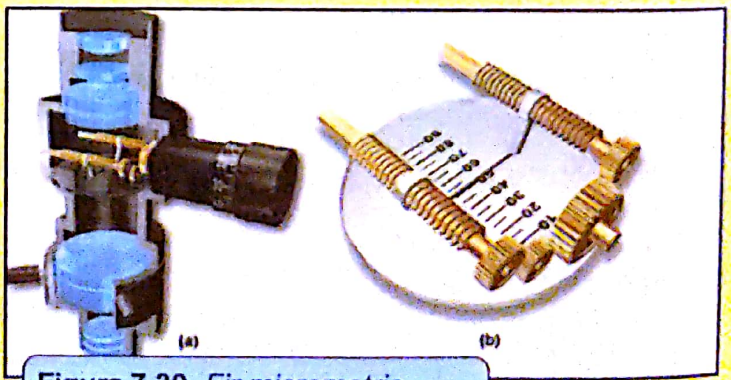


Figura 7.39. *Fir micrometric*

Scanned with OKEN Scanner

C. Sistemul de iluminare

Sursa de lumină poate fi artificială (lampă separată sau inclusă în microscop) sau naturală (se poate folosi lumina provenită de la Soare). În acest ultim caz, se foloseşte o oglindă pentru direcționarea luminii spre proba analizată.

Condensorul este un sistem optic convergent care asigură iluminarea uniformă a probei (*figura 7.40*).

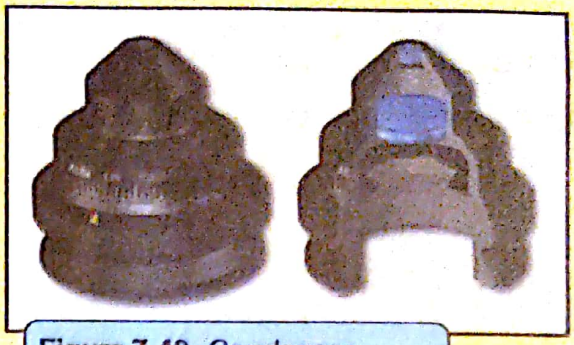


Figura 7.40. *Condensor*

În *figura 7.41* poți observa traseul fasciculului de lumină prin condensor.

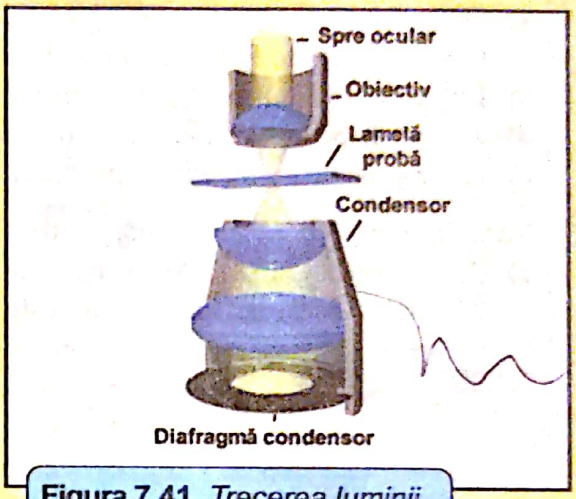


Figura 7.41. *Trecerea luminii prin condensor*

D. Sistemul de înregistrare

Cea mai simplă înregistrare a imaginii se poate face cu ajutorul unui aparat de fotografiat montat pe ocular. Un astfel de sistem prezintă dezavantajul că ocularul este astfel ocupat. Pentru a evita această situație, microscoapele moderne au un sistem de divizare a fasciculului de lumină, astfel încât o parte din acesta se propagă spre ocular, pentru observare directă, iar o parte este redirecționată spre un aparat de fotografiat (*figura 7.42*).

Mărirea furnizată de un microscop optic (care funcționează cu *lumină*) **este limitată teoretic** la aproximativ 3 000 (se pot distinge astfel detalii de până la aproximativ 0,25 μm). *Aceste limite sunt determinate nu de posibilități tehnologice, ci de anumite caracteristici ale luminii.*

Pentru a obține imagini mărite mai mult se folosesc microscoape cu fascicule de electroni, în loc de lumină (**microscoape electronice**). Elementele constructive ale unui microscop electronic îndeplinesc aproximativ aceleaşi roluri ca şi cele ale microscopului optic. De exemplu, în loc de lentile din sticlă se folosesc bobine care produc câmp magnetic. În aceste bobine, traiectoriile electronilor sunt curbate. Imaginea finală (reală) se observă pe un ecran acoperit cu **luminofor** (o substanță care emite lumină când este bombardată cu electroni), la fel ca în cazul tubului cinescop al unui televizor. Cu un astfel de microscop se pot distinge detalii de până la 10^{-9} m.

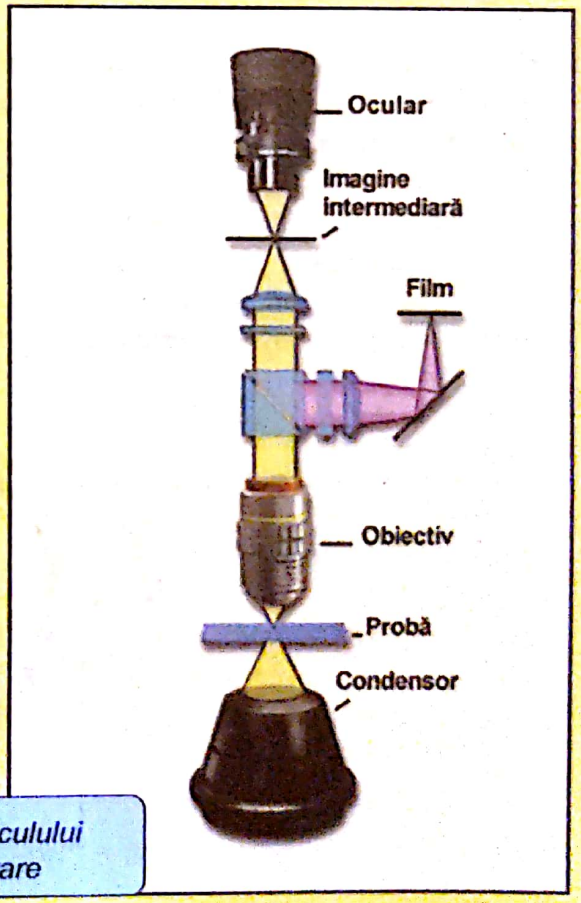


Figura 7.42. *Obținerea fasciculului pentru înregistrare*

Scanned with OKEN Scanner

Test

1. Care dintre următoarele elemente nu fac parte dintr-un aparat fotografic?
   a) obiectivul;
   b) diafragma;
   c) filmul;
   d) obturatorul;
   e) distanța focală a obiectivului.

2. Care dintre următoarele afirmații referitoare la aparatul fotografic sunt false?
   a) Obiectivul furnizează o imagine reală.
   b) Obturatorul este folosit pentru a influența profunzimea câmpului.
   c) Expunerea filmului determină provocarea unor reacții fotochimice.
   d) Zonele de pe un film, luminate mai puternic, devin mai puțin transparente după developare.
   e) Diafragma nu influențează profunzimea câmpului.

3. Care dintre următoarele afirmații referitoare la utilizarea aparatului fotografic sunt false?
   a) Pentru a fotografia în locuri mai puțin luminoase este preferabil un film pe care este notat 200 ASA, decât un film pe care este notat 400 ASA.
   b) Pentru realizarea de fotografii pe hârtii de dimensiuni mari este preferabil un film pe care este notat 100 ASA, decât un film pe care este notat 400 ASA.
   c) Pentru realizarea de diapozitive color este necesară utilizarea unui film color pozitiv.
   d) Pentru realizarea de fotografii de dimensiuni mici (pentru buletin) este necesară utilizarea unui film cu microcristale fotosensibile cât mai mici.
   e) Pentru a fotografia corpuri aflate în mișcare cu viteză mare trebuie ca timpul de expunere să fie cât mai mare.

4. Care dintre următoarele afirmații referitoare la microscop sunt false?
   a) Microscopul este folosit pentru a obține măriri liniare mai mici decât o lupă.
   b) Mărirea liniară a unui microscop este egală cu produsul dintre mărirea liniară a obiectivului și cea a ocularului.
   c) Un microscop modern are mai multe obiective pentru a le putea înlocui atunci când se strică unul dintre ele.
   d) Obiectivul și ocularul sunt formate dintr-o lentilă convergentă și, respectiv, o lentilă divergentă.
   e) Un obiectiv cu imersie este mai „luminos" în comparație cu unul destinat să lucreze în aer.

5. Fasciculul de lumină incident pe o probă plasată într-un microscop trece printr-un sistem de diafragme. În *figura 7.43* poți observa două imagini obținute utilizând diafragme reglate diferit. Care dintre cele două imagini corespunde unei diafragme mai mari?

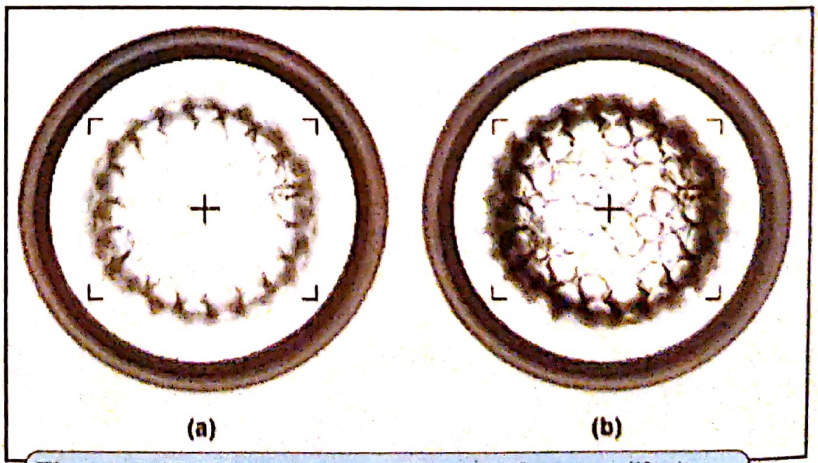
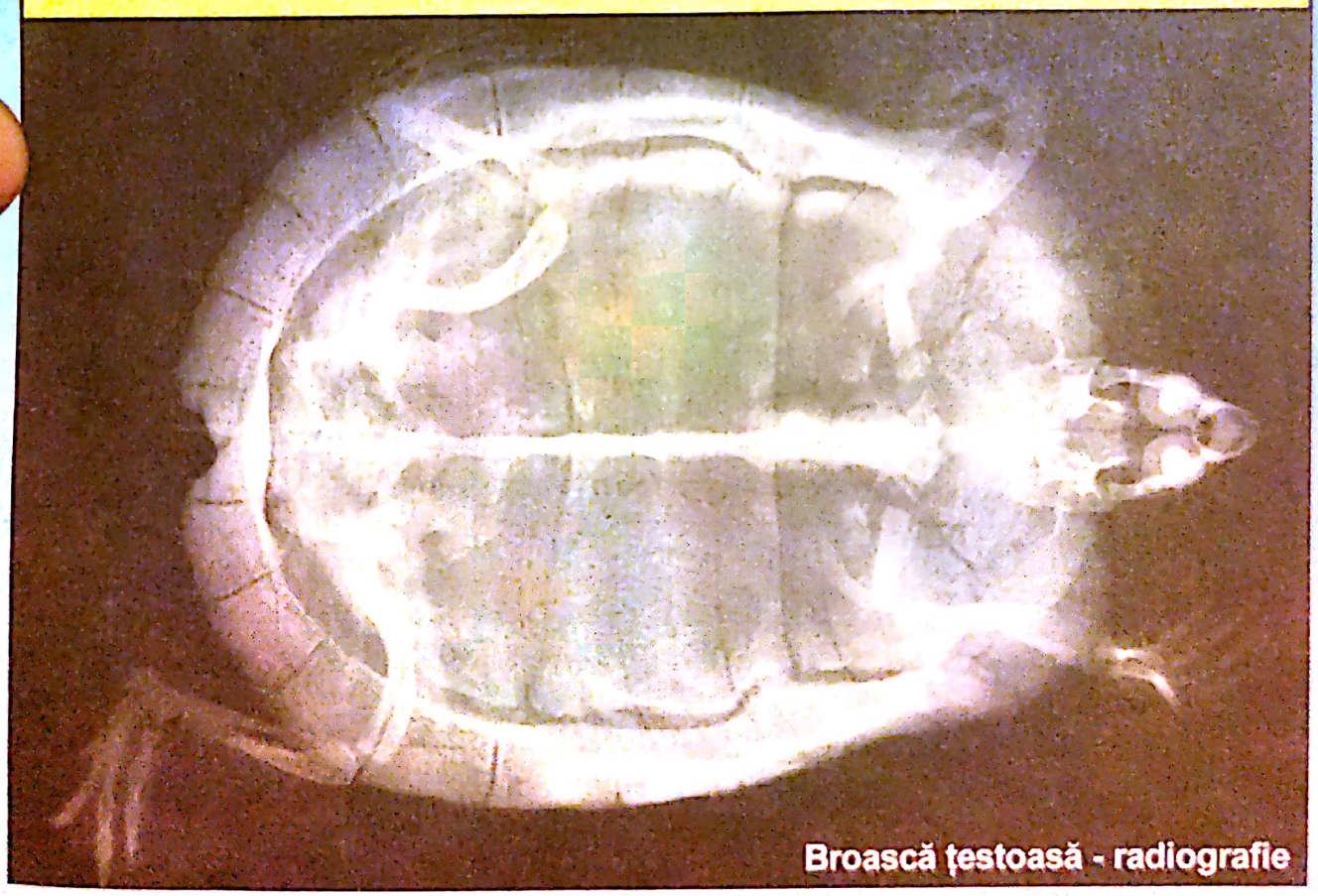


Figura 7.43. *Probă observată cu diafragme diferite*

Scanned with OKEN Scanner

8

RADIAȚIILE ȘI RADIOPROTECȚIA



Broască țestoasă - radiografie

- Radiații X
- Radiații nucleare
- Efecte biologice ale radiațiilor
- Radioprotecție

Scanned with OKEN Scanner

8.1 Radiații X

Figura 8.1. *Radiografia unei mâini*

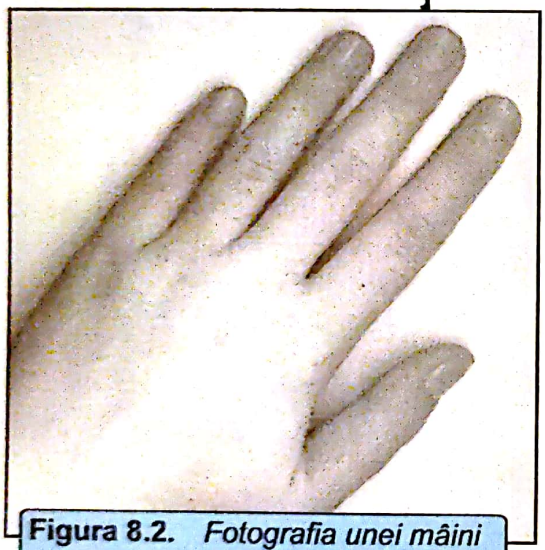


Figura 8.2. *Fotografia unei mâini*

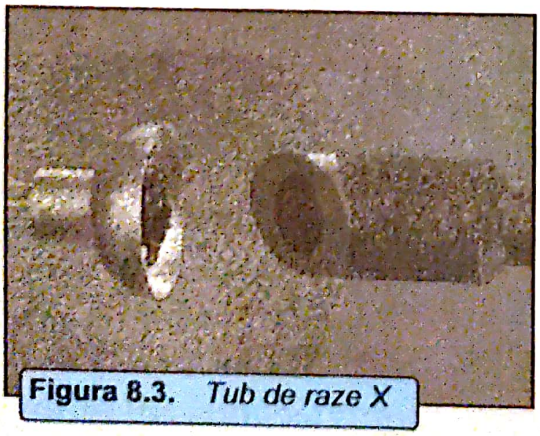


Figura 8.3. *Tub de raze X*

În *figurile 8.1* și *8.2* sunt reproduse radiografia și, respectiv, fotografia unei mâini.

Compară-le!

Fotografia unei mâini permite numai *observarea aspectelor* exterioare ale acesteia, în timp ce radiografia permite numai observarea *structurii interne* a mâinii.

În anumite condiții putem observa unele elemente interne folosind lumina. Apropie mâna de un bec electric de putere mare, care funcționează, sau lipește palma de o lanternă, în fața becului (aprins). Ce observi? Unele detalii interne ale mâinii devin vizibile!

Radiografia unui obiect permite observarea mai bună a unor detalii de structură internă.

O radiografie se realizează asemănător cu fotografierea unui obiect transparent, interpus între o sursă de lumină și un aparat de fotografiat. În locul sursei de lumină se utilizează însă o sursă care emite ***radiații X***.

Radiațiile X *penetrează* țesuturile, fiind absorbite mai mult sau mai puțin de straturile pe care le străbat. Pe hârtia fotografică se obține imaginea (negativă) a „umbrei" mâinii și a structurii sale interioare, deoarece țesuturile mai puțin absorbante produc o umbră mai întunecată decât cele mai absorbante.

Radiațiile X au fost puse în evidență pentru prima dată de către fizicianul german Wilhelm Conrad Röntgen.

Radiațiile X se pot produce în așa-numitele ***tuburi Röntgen*** (***tuburi de raze X***, *figura 8.3*).

Un tub Röntgen este format dintr-o incintă vidată – „tubul Röntgen" și doi electrozi (anod și catod).

Catodul este încălzit și datorită, agitației termice a electronilor, în jurul catodului se formează un strat foarte subțire de electroni. Între catod și anod se aplică o tensiune electrică de ordinul zecilor de kilovolți, cu (–) pe catod și (+) pe anod.

Scanned with OKEN Scanner

Această tensiune obligă electronii emişi de catod să se deplaseze spre anod. Catodul are forma unei oglinzi sferice, astfel încât electronii emişi să fie „focalizaţi" pe o zonă foarte mică de pe suprafaţa anodului.

Energia electronilor care pătrund în interiorul anodului scade *prin frânarea* lor în interiorul atomilor acestuia, fiind parţial preluată de o radiaţie numită ***radiaţie X de frânare***. La suprafaţa ţintei, aproximativ 99% din energia cinetică a electronilor este convertită în energie termică şi numai restul, de 1%, în energie a radiaţiilor X.

Electronii rapizi, emişi de catod şi accelerați în spaţiul catod – anod, pot smulge electroni din interiorul atomilor. *Prin redistribuirea* electronilor interiori ai atomului, energia atomului scade şi se emit radiaţii X care depind de natura materialului anodului. Această radiaţie se numeşte ***radiaţie X caracteristică***.

Wilhelm Conrad

RÖNTGEN

(1845 – 1923)

S-a născut la 27 martie 1845 în Lennep (Germania). Şi-a petrecut copilăria şi adolescenţa în Olanda, ţara natală a mamei sale.

Studii: inginer, absolvent la Politehnica din Zürich

Activitatea ştiinţifică:

- Asistent al profesorului Kundt, la Zürich, apoi la Strasbourg. A studiat proprietăţile gazelor şi ale cristalelor.
- Profesor de fizică experimentală în Giessen şi la Würzburg. În 8 noiembrie 1895, la Universitatea din Würzburg, atenţia lui Wilhelm Röntgen a fost atrasă de un ecran fluorescent, aflat pe o masă apropiată. Röntgen a realizat imediat că fluorescenţa a fost cauzată de nişte raze invizibile, provenind de la un tub pe care îl folosea pentru studierea radiaţiei catodice (fluxuri de electroni). În mod surprinzător, aceste raze misterioase penetrau hârtia neagră care înconjura tubul. Trecând aceste raze prin mâna unui om, Röntgen a reuşit să fotografieze scheletul mâinii. Folosind acelaşi procedeu, el a fotografiat conţinutul unei cutii din lemn închise. Descoperirea radiaţiilor X de către Röntgen, a reprezentat un eveniment care a revoluţionat fizica şi medicina. Röntgen a investigat timp de două săptămâni proprietăţile razelor X. Pentru descoperirea sa, a primit premiul Nobel pentru fizică în anul 1901, fiind *primul laureat Nobel pentru fizică*.
- Röntgen a fost un strălucit experimentator, dar nu s-a gândit niciodată să obţină onoruri sau profit financiar din cercetările sale. A refuzat un titlu nobiliar (von Röntgen), care i-ar fi permis intrarea în nobilimea germană, şi a donat Universităţii sale banii pe care i-a primit de la Fundaţia Nobel. Röntgen a acceptat titlul onorific de Doctor în medicină, oferit de Facultatea de medicină a Universităţii din Würzburg. A refuzat însă să obţină un patent, în ideea că întreaga lume trebuie să beneficieze în mod liber de munca sa, deşi, la vremea respectivă i s-au făcut oferte financiare deosebite.

În medalion – imaginea radiografică a mâinii soţiei sale.

Pentru contribuţia sa la dezvoltarea cunoştinţelor despre radiaţii şi aplicaţiile acestora în beneficiul întregii umanităţi, unitatea de măsură pentru cantitatea de radiaţie – *röntgen* – îi poartă numele.

Scanned with OKEN Scanner

8.2. Radiații α, β și γ

Forțe nucleare

Între protoni se exercită forțe electrostatice de respingere. Se constată însă că nucleele celor mai mulți dintre atomii existenți în natură sunt stabile (rămân nemodificate în timp). Rezultă că, pe lângă *forțele electrostatice de respingere*, trebuie să existe și *forțe de atracție*.

Studiile efectuate au arătat că aceste forțe de atracție, numite ***forțe nucleare***, se exercită între toți nucleonii, indiferent de sarcina electrică a particulelor, și devin neglijabile la distanțe mai mari decât dimensiunile nucleului.

Exemplul 1

Nucleul ^4He conține doi protoni și doi neutroni. Deși raza nucleului este de ordinul a 10^{-15} m, distanță la care forțele de respingere electrostatică sunt extrem de mari (de ordinul sutelor de newtoni!), nucleul este totuși stabil. Rezultă astfel că, la această distanță, și forțele nucleare sunt foarte mari.

Forțele nucleare

- **sunt forțe de atracție (indiferent de sarcina electrică a nucleonilor);**
- **își manifestă efectul doar asupra nucleonilor vecini din nucleu (au valoare foarte mare la distanțe de ordinul a 10^{-15} m și sunt neglijabile la distanțe mai mari).**
- **împreună cu forțele de respingere electrostatică dintre nucleoni determină stabilitatea nucleelor.**

Tipuri de radiații

Există atomi cu ***nuclee instabile***. Ca orice alt sistem fizic, și nucleele au tendința de evoluție *de la sine* spre stări stabile, caracterizate prin *energie minimă*. Acest proces constă în modificarea *stării nucleului* sau chiar a *structurii interne* a acestuia și este cunoscut sub denumirea de ***reacție nucleară***.

În timpul producerii reacțiilor nucleare sunt emise ***fluxuri de particule nucleare*** (protoni, neutroni, electroni, nuclee de ^4He, radiații γ etc.), numite ***radiații nucleare***.

Datorită interacțiunii cu mediul prin care se propagă, energia radiațiilor nucleare descrește treptat. Ca urmare, în medii diferite, radiațiile parcurg distanțe diferite. În timpul propagării, energia radiației nucleare este transferată atomilor mediului. Aceștia pot suferi diferite modificări ale stării și ale structurii lor, inclusiv ionizări.

Observație

- Prin ***reacții chimice*** se produc modificări numai la nivelul *învelișului electronic*.
- ***Reacțiile nucleare*** implică modificări ale *nucleului atomic*. În cursul unor astfel de procese sunt implicate energii de milioane de ori mai mari decât în reacțiile chimice.

Scanned with OKEN Scanner

Documentar

Radiațiile α

Radiația α este compusă din particule emise de nucleul unui atom, particule care conțin doi protoni și doi neutroni (numite ***particule α*** și care sunt, de fapt, nuclee de heliu).

Energiile particulelor α sunt cuprinse între 3 și 6 MeV. Particulele α parcurg în aer distanțe între 3 și 10 cm, iar în aluminiu, aproximativ 0,02 mm. Pot fi oprite de straturi de substanță cu grosimi de zecimi de milimetru și au o putere mare de ionizare. La trecerea prin substanță sunt împrăștiate și pot produce reacții nucleare.

Procesul prin care un nucleu emite o particulă α se numește ***dezintegrare α***. Un exemplu de dezintegrare α este prezentat în *figura 8.4.*

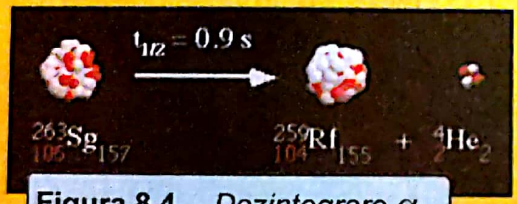


Figura 8.4. *Dezintegrare α*

Radiațiile β

Radiația β este compusă din electroni foarte rapizi și este emisă de nucleul unui atom.

Este de aproximativ 100 de ori mai penetrantă decât radiația α. Radiațiile β cu energii mari pot străbate în aer distanțe de ordinul metrului, iar în aluminiu, 2...3 mm. Puterea lor de ionizare este mai mică decât a particulelor α.

Procesul prin care un nucleu emite o particulă β se numește dezintegrare β. Un exemplu de ***dezintegrare β*** este prezentat în *figura 8.5.* Dezintegrarea β este cel mai răspândit proces de dezintegrare.

Figura 8.5. *Dezintegrare β*

Radiațiile γ

Radiațiile γ sunt *radiații electromagnetice* și sunt emise de nucleul unui atom. Printr-o ***dezintegrare γ*** se modifică numai starea energetică a nucleului. Radiațiile γ nu au sarcină electrică. Sunt cele mai penetrante radiații deoarece au puterea de ionizare cea mai mică (procesele de interacțiune cu atomii substanței prin care trec sunt rare).

Natura electromagnetică a radiațiilor γ este aceeași cu a luminii, a radiațiilor X, a undelor radio etc.

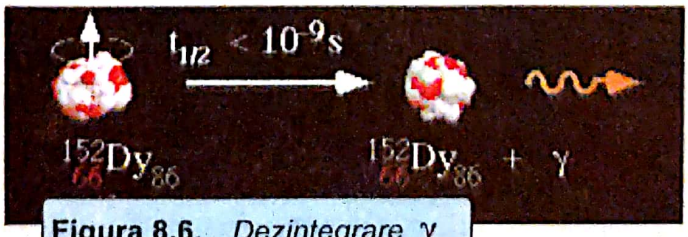


Figura 8.6. *Dezintegrare γ*

Scanned with OKEN Scanner

Au creat istorie...

Becquerel, fizician francez, familiarizat cu lucrările lui Röntgen, a ales să studieze fenomenele legate de fluorescență și fosforescență. În martie 1896, în mod accidental, a făcut o descoperire remarcabilă.

Figura 8.7. *Antoine Henri Becquerel*

Becquerel a găsit că, deși fenomenele de fluorescență și de fosforescență prezintă multe similitudini, atât între ele, cât și între ele și radiațiile X, există însă și importante deosebiri. În timp ce fluorescența și radiațiile X dispar când sursa de energie care le inițiază este deconectată, fosforescența continuă încă un timp după deconectarea sursei de energie.

Și totuși, în toate cazurile, energia era obținută de la o sursă externă!

În februarie 1896, pe o vreme mohorâtă, Becquerel nu a putut utiliza Soarele ca sursă de energie de inițiere pentru experimentele sale. A pus plăcile fotografice într-un sertar întunecos, alături de câteva cristale care conțineau uraniu. Spre marea sa surpriză, a găsit plăcile fotografice impresionate. Singura explicație plauzibilă a fost că, în timpul depozitării, radiații (invizibile), provenite de la uraniu, au pătruns până la plăci. Becquerel a reluat experimentele și s-a convins că impresionarea plăcilor fotografice, izolate de lumină prin hârtie neagră, era datorată într-adevăr unor radiații provenite de la uraniu. Sărurile de uraniu emit, conform observațiilor lui Becquerel, radiații care impresionează plăcile fotosensibile. Emisia de radiații nu depinde de combinația chimică ce conține uraniul și nu necesită alte surse de energie.

Becquerel a enunțat următorul adevăr fundamental: „Emiterea de raze este o proprietate a atomilor, independentă de combinația chimică a elementului uraniu". Descoperirea lui Becquerel a însemnat, practic, deschiderea unei noi ere în știință – era nucleară. Pentru lucrările sale, Becquerel a primit, împreună cu soții Curie, premiul Nobel, în 1903.

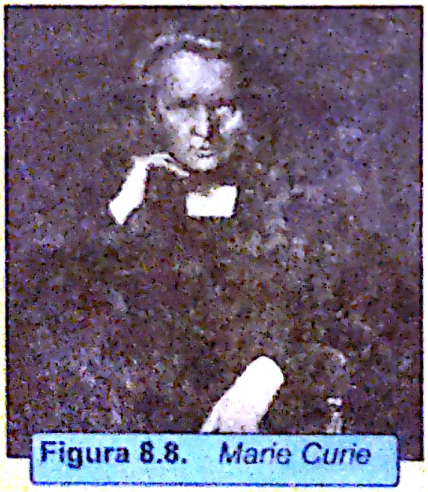


Figura 8.8. *Marie Curie*

La sfârșitul anului 1897, lucrând în laboratorul lui Becquerel, Marie Curie și soțul ei, Pierre, au început un studiu (lung de o viață) asupra radioactivității.

Becquerel observase deja că emanațiile uraniului pot determina apariția unui curent electric într-un conductor. Folosind instrumente sensibile, inventate de Pierre Curie și fratele de acestuia, Pierre și Marie Curie au măsurat capacitatea de a determina apariția unui curent electric a radiațiilor provenite de la diferite elemente.

În 17 februarie 1898, soții Curie, realizând teste cu pechblendă (minereu ce conține uraniu), au constatat că aceasta produce un curent de 300 de ori mai intens decât cel produs de uraniul pur.

Scanned with OKEN Scanner

Au presupus atunci că alături de uraniu trebuie să existe în pechblendă o substanță foarte activă, necunoscută încă. În titlul unei lucrări care descria acest ipotetic element (pe care l-au numit poloniu, după Polonia natală a Mariei), ei au introdus noul termen: „radioactiv".

După o muncă migăloasă, soții Curie au reuşit să extragă suficient poloniu, precum şi un alt element, de asemenea radioactiv (denumit ulterior radiu), pentru a putea determina proprietățile fizice ale acestor elemente.

Figura 8.9. *Pierre Curie*

Marie Curie împreună cu soțul ei (şi continuând singură, după moartea acestuia) au stabilit primele standarde cantitative prin care poate fi măsurată şi comparată rata emisiei radioactive de particule încărcate, provenind din elemente chimice. Mai mult, ea a găsit că există o descreştere în timp a ratei emisiei radioactive şi că această descreştere poate fi calculată şi prezisă.

Dar, poate, cea mai mare realizare a Mariei Curie a fost înțelegerea faptului că radiația este o proprietate atomică a materiei.

În 1911, Rutherford conducea o serie de experimente în care bombarda o foiță de aur cu particule încărcate electric cu sarcini pozitive (alfa), particule emise de un material radioactiv. Cele mai multe particule străbăteau nedeviate foița, sugerând că în interiorul foiței există suficiente spații goale, şi nu o pătură continuă de atomi. Totuşi, câteva particule se întorceau, indicând prezența unei materii solide.

Lucrările lui Rutherford au arătat că atomii constau, în primul rând, din spații goale care înconjoară un miez central bine definit, numit nucleu.

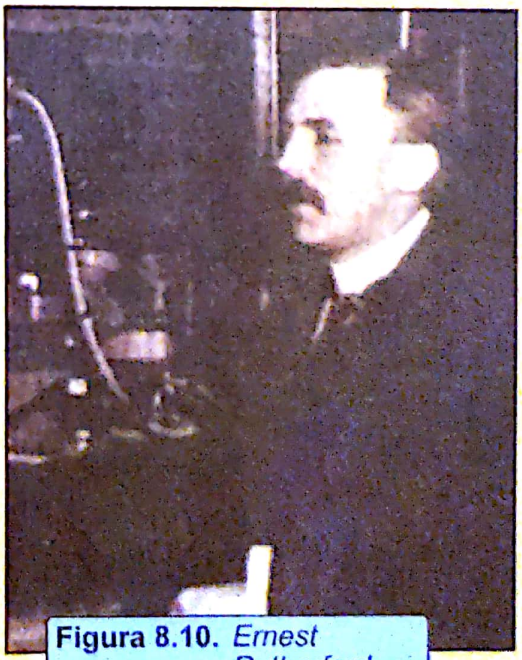


Figura 8.10. *Ernest Rutherford*

Într-o lungă şi distinsă carieră, Rutherford a pus bazele determinării structurii atomice. Pe lângă introducerea modelului planetar, el a arătat că elementele radioactive suferă un proces de dezintegrare în timp. Rutherford a fost primul care a transmutat artificial un element în altul, deschizând calea utilizării unei incredibile energii, atât în scopuri paşnice, dar, din nefericire, şi distructive.

Luate împreună, lucrările lui Becquerel, ale soților Curie, ale lui Rutherford şi ale altora au făcut ca ştiința modernă, cercetarea ştiințifică şi aplicațiile acestora în toate domeniile să ajungă un vis devenit realitate.

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

Reacții nucleare

Fisiunea nucleară

Unele nuclee grele sunt instabile. Pentru a ajunge în stări mai stabile, ele emit în mod spontan radiații nucleare. Acest proces se numește ***radioactivitate naturală***.

Prin bombardarea unui nucleu de ^{235}U cu un neutron lent (numit ***neutron termic***), este posibilă fisiunea (spargerea) nucleului în două nuclee mai mici şi un număr de 2-3 neutroni (un exemplu de fisiune nucleară este prezentat în *figura 8.11*).

Neutronii produşi într-o reacție de fisiune au energii foarte mari, rezultând astfel un transfer de energie între nucleul inițial şi mediul înconjurător.

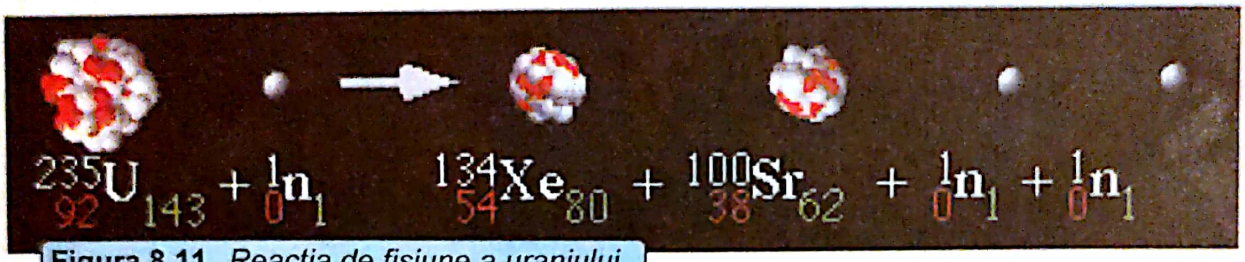


Figura 8.11. *Reacția de fisiune a uraniului*

În anumite condiții, unii dintre neutronii produşi într-o reacție de fisiune provoacă, la rândul lor, alte fisiuni. Dacă, în medie, unul singur dintre aceştia provoacă o altă reacție de fisiune, puterea transferată mediului înconjurător de nuclee este constantă în timp. Într-o astfel de situație, procesul de fisiune se *autoîntreține*, fiind numit ***reacție în lanț***. Pentru obținerea unei reacții în lanț, masa uraniului trebuie să depăşească o valoare minimă, numită ***masă critică***.

Dacă însă numărul de neutroni rezultați dintr-o reacție şi care provoacă alte reacții este supraunitar, puterea transferată mediului înconjurător creşte în timp. Creşterea este foarte rapidă şi poate avea caracter exploziv.

Fuziunea nucleară

Două nuclee uşoare (cum ar fi cele de deuteriu şi tritiu, *figura 8.12*), în anumite condiții se pot uni (fuziona). Ca rezultat se obține un nucleu mai mare şi alte câteva particule nucleare. Energia transmisă acestor particule de către nucleele care fuzionează poate avea valori foarte mari. În natură, astfel de reacții au loc în stele.

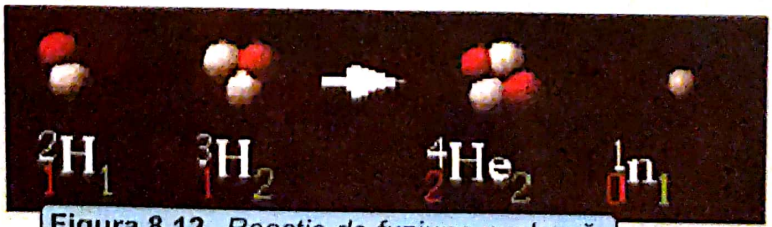


Figura 8.12. *Reacție de fuziune nucleară*

Mărimi fizice legate de activitatea practică

Activitatea (Λ) caracterizează un material radioactiv din punctul de vedere al vitezei de dezintegrare:

$$(8.1) \qquad \Lambda = \frac{N_{dez}}{\Delta t}$$

în care N_{dez} este numărul de dezintegrări care se produc în intervalul de timp Δt. Unitatea de măsură pentru activitate este:

$$(8.2) \qquad \langle \Lambda \rangle = \frac{dez}{s} = Bq \quad (becquerel)$$

1 Bq este activitatea unei substanțe în care se produce o dezintegrare în timp de o secundă.

În substanțele radioactive se produc foarte multe dezintegrări într-o secundă. Din acest motiv, a fost definită o unitate de măsură mult mai mare – ***curie*** (simbol Ci):

$$(8.3) \qquad 1\ Ci = 3{,}7 \cdot 10^{10}\ Bq$$

Doza de radiație este cantitatea de radiații primită de un corp, măsurată prin *acțiunea de ionizare a aerului.*

Doza de radiație depinde de tipul de radiație, de cantitatea de radiație și de proprietățile fizice ale materialului însuși.

Doza absorbită (D) în țesut sau într-un material reprezintă energia cedată de radiația ionizantă unității de masă a substanței.

Doze absorbite egale nu au neapărat aceleași efecte biologice. De exemplu, într-un țesut, radiația α este mai periculoasă decât aceeași doză absorbită de radiație β deoarece o particula α (față de o particulă β) disipă mai multă energie de-a lungul unei traiectorii mai scurte.

Doza echivalentă (sau ***doza biologică***) (B) este utilizată pentru a permite evaluarea efectelor biologice ale diferitelor tipuri de radiații. Doza echivalentă se măsoară în *rem*.

$$(8.4) \qquad \langle B \rangle = rem$$

La estimarea dozei biologice se ține seama de modul în care o anumită radiație își distribuie energia în țesut (la aceeași doză absorbită, doza echivalentă de radiație α este mai mare de 20 de ori decât pentru radiațiile γ, X și β.

Doza echivalentă constituie un indicator al *riscului de expunere* a unui anumit țesut la diferite radiații. Doza echivalentă până la care nu se observă efecte biologice nocive asupra organismului, pe toată durata vieții, se numește ***doză maximă permisă***. Aceasta este

$$(8.5) \qquad B_{max} = 0{,}1\ \frac{rem}{an}$$

Datorită radioactivității naturale, doza pe care o primește fiecare dintre noi reprezintă aproximativ a zecea parte din doza maximă permisă.

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

8.3 Efecte biologice şi radioprotecţie

Tipuri de efecte biologice

În urma interacţiunii dintre radiaţii şi organismele vii apar fenomene fizice (ionizări, excitări) care determină fenomene chimice (alterări ale macromoleculelor şi sistemelor enzimatice). Ca urmare, pot să apară leziuni biochimice şi morfologice.

Aceste leziuni se manifestă după o stare de latenţă, dar, după apariţia lor, activitatea metabolică a celulei poate fi profund modificată. Unele dintre aceste leziuni pot fi parţial sau total reversibile; altele sunt însă ireversibile şi pot cauza, cu şanse diferite, moartea celulei.

Efectele biologice ale radiaţiilor pot fi clasificate astfel:

- ***Efecte somatice*** – apar la nivelul celulelor somatice şi acţionează asupra fiziologiei individului expus. Provoacă distrugeri care conduc fie la moartea rapidă, fie la reducerea semnificativă a speranţei medii de viaţă. Leziunile somatice apar în timpul vieţii individului iradiat şi pot fi *imediate* sau *tardive*.
  - ***Efectele somatice imediate*** (efecte somatice pe termen scurt) se manifestă la câteva zile, săptămâni sau luni de la iradiere. Aceste efecte se produc la toţi indivizii expuşi la o doză superioară aşa-numitei *doze – prag*.
  - ***Efectele somatice tardive*** sunt cele care apar după o perioadă mai lungă de timp, de ordinul anilor, numită ***perioadă de latenţă***, şi se manifestă în special sub formă de leucemie sau cancer. Aceste efecte sunt de natură stocastică (întâmplătoare), în sensul că este imposibil de evidenţiat o relaţie cauzală directă. Probabilitatea producerii unui astfel de efect este proporţională cu doza de iradiere.
- ***Efecte genetice*** – apar în urma modificării celulelor germinale. Ele constau în mutaţii *letale* sau *subletale* la descendenţi, datorită unor efecte imediate ale radiaţiilor, cum ar fi: alterarea cromozomilor, alterarea chimică a codului genetic. Gravitatea acestor efecte este *amplificată* prin transmiterea lor la descendenţi ceea ce este posibil chiar şi la doze foarte mici. Astfel, menţinerea în permanenţă a unui nivel de iradiere, chiar şi scăzut care provoacă un minim de mutaţii într-o generaţie de indivizi, poate conduce la adevărate catastrofe ecologice în generaţiile următoare, în acel ecosistem.

Pentru om, sursele de iradiere pot fi atât *naturale*, cât şi *artificiale*.

În *figura 8.13* sunt reprezentate ponderile diferitelor surse de iradiere pentru om, în condiţii terestre, obişnuite.

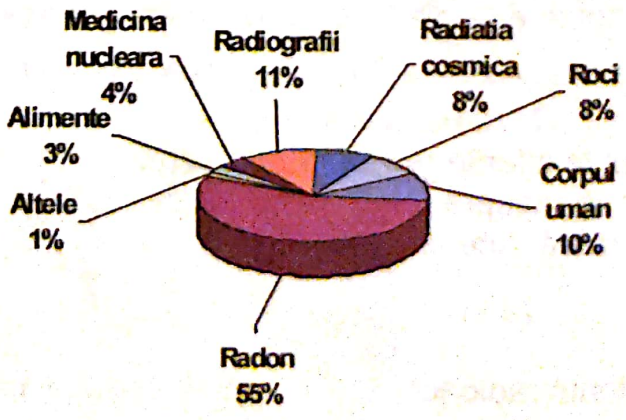


Figura 8.13. *Surse de iradiere*

Dispozitive simple pentru controlul iradierii persoanelor

Pentru controlul iradierii persoanelor care lucrează în medii cu *risc de iradiere* (laboratoare de cercetare ştiinţifică, de radiologie, de defetctoscopie etc.) se utilizează *detectoare de radiaţii*. Acestea se bazează pe efectele produse de radiaţii la interacţiunea cu substanţa.

Există două categorii de detectoare:

- detectoare care indică nivelul radiaţiilor la un moment dat;
- detectoare care indică dozele absorbite într-un interval de timp dat (*detectoare cumulative*).

Unul dintre cele mai simple detectoare este filmul radiologic (*figura 8.14*).

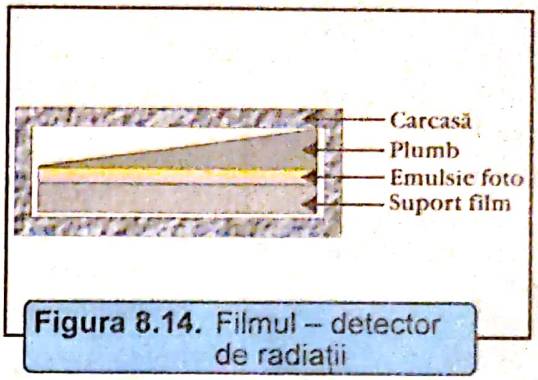


Figura 8.14. Filmul – detector de radiaţii

Radiaţiile care străbat emulsia fotografică provoacă în aceasta anumite reacţii chimice. După developarea filmului se poate evalua numărul de reacţii chimice după gradul de înnegrire a filmului.

Aceste reacţii chimice sunt *ireversibile*, adică efectul de înnegrire este *cumulativ* şi deci gradul de înnegrire indică *doza încasată* pe toată durata utilizării filmului.

Persoanele care lucrează în medii cu risc de iradiere sunt obligate să poarte în permanenţă un astfel de detector cu film. Periodic, aceste filme se înlocuiesc cu altele noi, cele vechi fiind developate şi analizate. Rezultatele analizelor sunt consemnate în fişe individuale, astfel încât se pot totaliza dozele absorbite de fiecare persoană în parte.

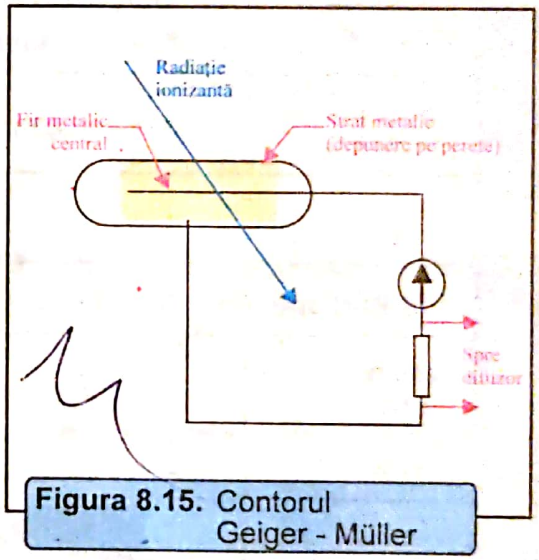


Figura 8.15. Contorul Geiger - Müller

Măsuri simple de protecţie împotriva iradierii

Una dintre măsurile simple, folosite pentru micşorarea dozelor absorbite de cei care lucrează în medii radioactive este învelirea cu ecrane protectoare (din plumb) a aparatelor care utilizează radiaţii. Grosimea acestora este astfel calculată încât să asigure reducerea dozei absorbite pe durata de lucru sub valoarea maximă permisă.

Pentru micşorarea iradierii, intervalele de timp în care se realizează radiografiile sunt alese la valorile minime posibile. Numărul de radiografii pe care le poate realiza un pacient pe parcursul unui an nu trebuie să depăşească un număr maxim admisibil (aproximativ 10).

Trebuie evitată joaca în locurile periculoase - vecinătatea centralelor nucleare, a locurilor de depozitare a deşeurilor nucleare.

Tema 1

Identifică măsurile de protecţie existente la un cabinet de radiologie.

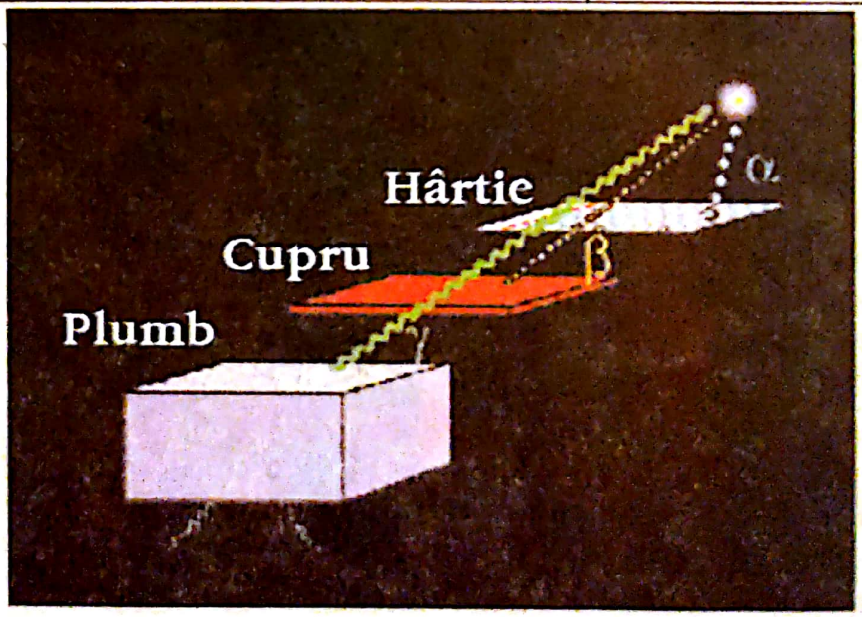
Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

REȚINE!

Proprietatea	Lumina	Radiația X	Radiația γ
Natura	radiație electromagnetică		
Propagarea	rectilinie		
Viteza în vid	300 000 km/s		
Producerea	procese în învelișul electronic al atomului		procese nucleare
Puterea de penetrare	putere de penetrare mică; există substanțe transparente și substanțe opace	putere de penetrare mare; este absorbită de metale, țesuturi osoase	putere de penetrare foarte mare în majoritatea substanțelor
Efecte asupra țesuturilor biologice	produce reacții fotochimice; influențează retina	la intensități mari, produc modificări ale structurilor moleculare, distrugând țesuturile biologice (efecte mai importante la radiațiile γ)	
Aplicații practice	observarea corpurilor	radiografii, defectoscopie	gammaterapie, defectoscopie

REȚINE!

Particule	α	β	γ
Sarcina electrică	2e	– e	0
Masa	$4 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-27}$ kg	$9{,}1 \cdot 10^{-31}$ kg	–
Puterea de penetrare			
Producerea	procese nucleare		

Aplicații

Jojele

Absorbția de particule α şi β este legată de numărul de interacțiuni ale radiației cu substanța, adică de distanța pe care o parcurg radiațiile în materialului absorbant. Se poate deci măsura grosimea unui material determinând absorbția produsă de acesta în cazul bombardării sale cu un flux de particule emis de o substanță radioactivă. ***Jojele radioactive*** sunt sisteme care servesc la:

- măsurarea nivelului unui lichid dintr-un rezervor;
- controlarea grosimii unei foi (în curs de fabricare);
- controlarea grosimii unui strat de praf care se depune pe un filtru.

Trasoare

Prin utilizarea unor substanțe ce conțin elemente chimice radioactive (radioelemente), devine uşoară evidențierea traseului substanțelor respective. Astfel de radioelemente sunt folosite în cazul:

- apelor de canalizare şi al apelor subterane;
- sângelui dintr-un organism (se injectează în sânge un compus biologic inactiv, dar care conține izotopul radioactiv ^{24}Na);
- substanțelor active din plante.

Analize

O substanță devenită radioactivă ca urmare a interacțiunii cu un flux de neutroni poate fi, după aceea, identificată şi analizată cantitativ într-un amestec complex. Astfel au fost descoperite mecanismele unor reacții chimice.

Gammagrafie

Radiațiile provenite de la elemente radioactive pot fi utilizate, la fel ca radiația X, pentru radiografierea pieselor metalice şi pentru relevarea defectelor lor de structură.

Scintigrafie

Tiroida, ficatul, rinichii rețin anumite elemente participante la metabolism. Injectarea în organism a unor elemente radioactive şi analizarea răspândirii lor în diferite țesuturi permite deci aflarea stării de funcționare – normală sau nu – a organelor respective (prin evidențierea traseului acestor substanțe, a locurilor lor de acumulare, a locurilor în care nu au acces). Sunt folosiți izotopi ai aurului, ai cobaltului etc.

Radioterapie

Radiațiile emise de radioelemente sunt utilizate pentru distrugerea celulelor canceroase.

Datarea

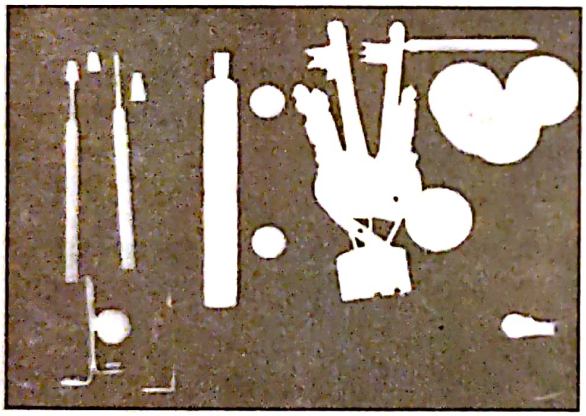
Cosmocronologia se ocupă cu determinarea vârstei evenimentelor cosmice. Proporțiile în care sunt prezente diverse radioelemente într-un sistem solar permit estimarea vârstei sistemului respectiv. De exemplu, pentru Sistemul Solar din care face parte Pământul, a rezultat vârsta de $4{,}6 \cdot 10^9$ ani. Vârsta galaxiei, şi deci şi a Universului, dacă se admite că s-au format în acelaşi timp, este estimată prin această metodă la aproximativ 10^{10} ani.

Izotopul ^{14}C, a cărui perioadă de înjumătățire este de 5 600 de ani, este utilizat la determinarea vârstei fosilelor şi, în general, a depozitelor arheologice.

Scanned with OKEN Scanner

Probleme – întrebări

1. Ce deosebire există între modul de realizare a unei fotografii şi a unei radiografii?
2. Prin ce fenomene ajunge lumina de la sursă la aparatul de fotografiat?
3. Se pot realiza radiografii color?
4. De ce nu pot fi observate toate detaliile interne ale unei mâini cu ajutorul luminii ce o străbate?
5. Enumeră părţile componente ale ale unui tub Röntgen.
6. Care sunt tipurile de radiaţii X?
7. Toate corpurile transparente pentru lumină sunt transparente şi pentru radiaţii X? Argumentează răspunsul prin exemple.
8. În figura de mai jos se poate observă o radiografie făcută unor obiecte plasate într-o tăviţă din material plastic. Identifică obiectele!

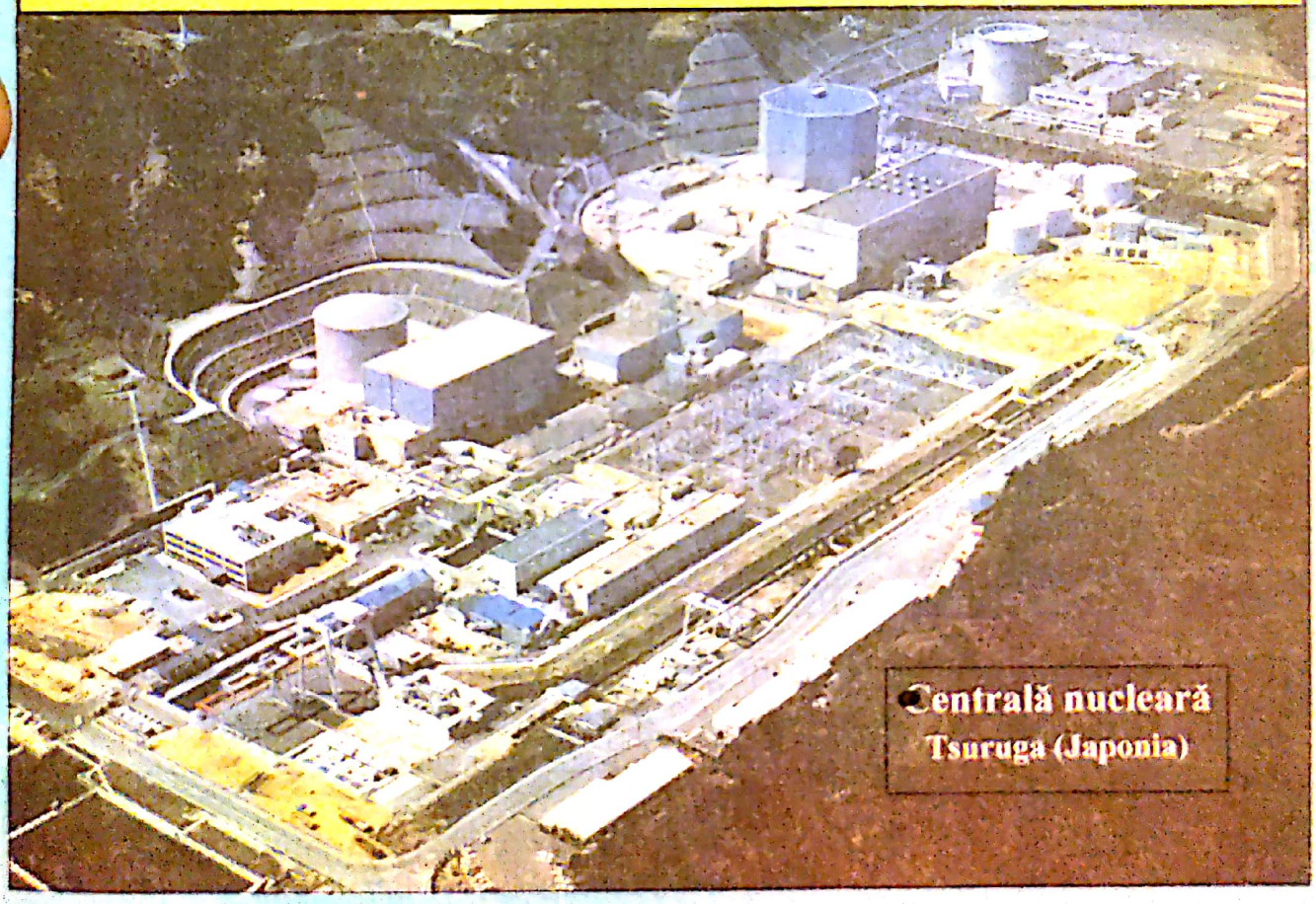


9. Prin ce se deosebeşte producerea radiaţiei X de frânare de radiaţia X caracteristică?
10. Analizează lanţul transformărilor energetice care au loc la producerea radiaţiei X de frânare.
11. Dă exemple din natură de perechi de corpuri ale căror volume se află în acelaşi raport cu cel în care se află volumul atomului şi volumul nucleului.
12. Prezintă elementele caracteristice ale unui atom.
13. Care sunt constituenţii nucleului atomic? Prin ce se aseamănă şi prin ce se deosebesc ei?
14. Ce forţe se exercită între nucleoni?
15. Ce forţe se pot exercita între doi protoni? Dar între un proton şi un neutron?
16. Care sunt caracteristicile forţelor nucleare?
17. Ce înseamnă că un nucleu este „stabil"? Dar „instabil"?
18. Ce reprezintă o reacţie nucleară?
19. Ce efecte poate avea o reacţie nucleară?
20. Prin ce se deosebeşte o reacţie nucleară de o reacţie chimică?
21. Cum se produc radiaţiile nucleare?
22. Compară diferitele tipuri de reacţii nucleare precizând deosebirile şi asemănările lor.
23. Ce reprezintă o dezintegrare α? Care este rezultatul unei astfel de dezintegrări?
24. Ce reprezintă o dezintegrare β? Care este rezultatul unei astfel de dezintegrări?
25. Ce reprezintă o dezintegrare γ? Care este rezultatul unei astfel de dezintegrări?
26. Compară efectele interacţiunii diferitelor radiaţii nucleare cu substanţa.
27. Ce se înţelege prin reacţie de fisiune? Căror nuclee le este caracteristică o astfel de reacţie?
28. Cum se produce o reacţie în lanţ?
29. Ce reprezintă masa critică?
30. Ce se înţelege prin reacţie de fuziune? Căror nuclee le este caracteristică o astfel de reacţie?
31. Defineşte activitatea, unitatea sa de măsură precum şi semnificaţia sa.
32. Ce reprezintă doza absorbită? Care sunt elementele luate în considerare la estimarea acesteia?
33. Ce reprezintă doză maximă permisă?
34. Clasifică efectele biologice ale iradierii după diverse criterii (durată, reversibilitate, gravitate etc.).
35. Compară radiaţiile X, γ şi radiaţiile α, β după capacitatea lor de penetrare a corpurilor.
36. Ce este un detector de radiaţii?
37. Cum poate fi evitată iradiere excesivă a unei persoane?

Scanned with OKEN Scanner

9

ENERGETICA NUCLEARĂ



Centrală nucleară
Tsuruga (Japonia)

- Centrale nucleare
- Armament nuclear
- Accidente nucleare

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

9.1 Centrale nucleare

Industrial, energia electrică se obține, în principal, în:

- hidrocentrale;
- termocentrale;
- centrale nucleare.

Într-o hidrocentrală, energia potențială gravitațională a apei din lacul de acumulare este transformată în energie cinetică, în galeriile de fugă. Apa pune în mișcare rotorul ***turbinei***, care este cuplată la ***generatorul electric*** (*figura 9.1*).

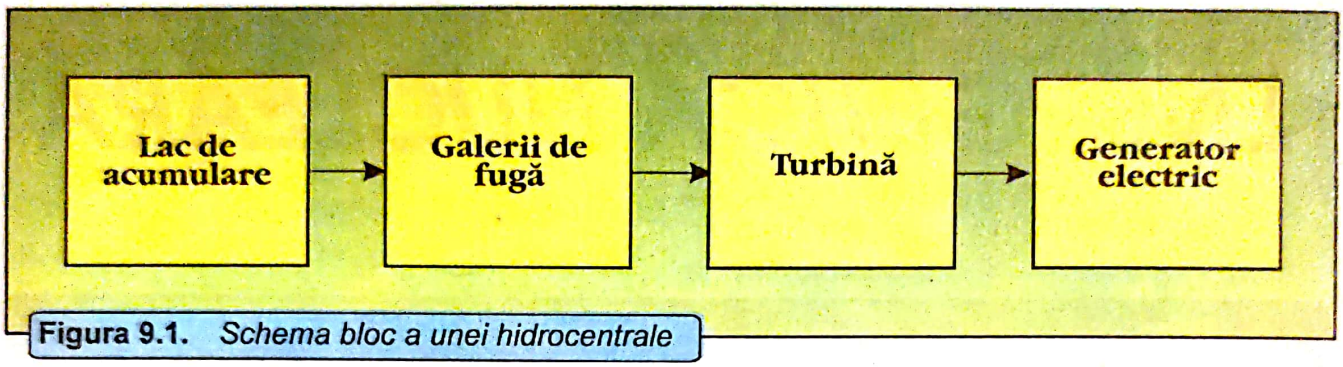


Figura 9.1. *Schema bloc a unei hidrocentrale*

Într-o termocentrală, arderea combustibilului în ***cuptor*** furnizează energie termică; aceasta este preluată de ***sistemul de răcire*** şi este utilizată în ***vaporizor*** pentru producerea de vapori, care antrenează ***turbina*** cuplată la ***generatorul electric*** (*figura 9.2*).

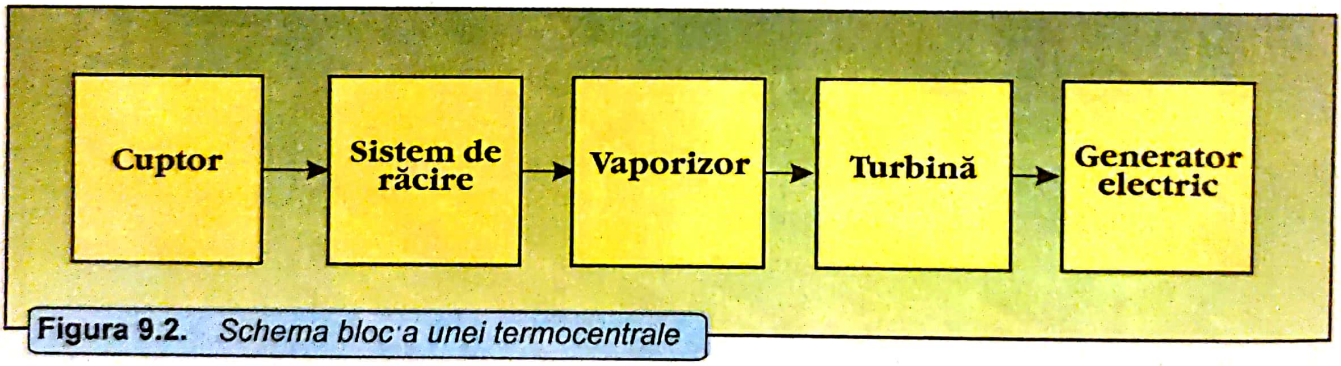


Figura 9.2. *Schema bloc a unei termocentrale*

Conversia energiei nucleare în energie electrică se realizează în centrale nucleare (*figura 9.3*).

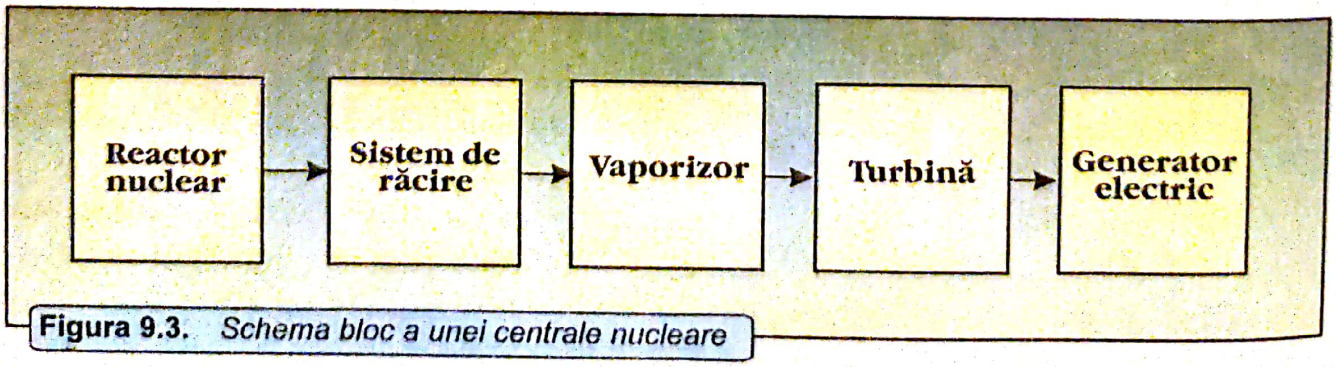


Figura 9.3. *Schema bloc a unei centrale nucleare*

Partea principală a unei centrale nucleare (*figurile 9.3* şi *9.4*) este ***reactorul nuclear, în „inima" căruia este „ars" combustibilul. Energia rezultată în urma reacțiilor nucleare este convertită în energie termică. Aceasta este preluată de*** un ***sistem de răcire*** şi transmisă, în exteriorul reactorului, unui ***vaporizor***. Vaporii produşi pun în mişcare ***turbina***, care antrenează un ***generator electric***.

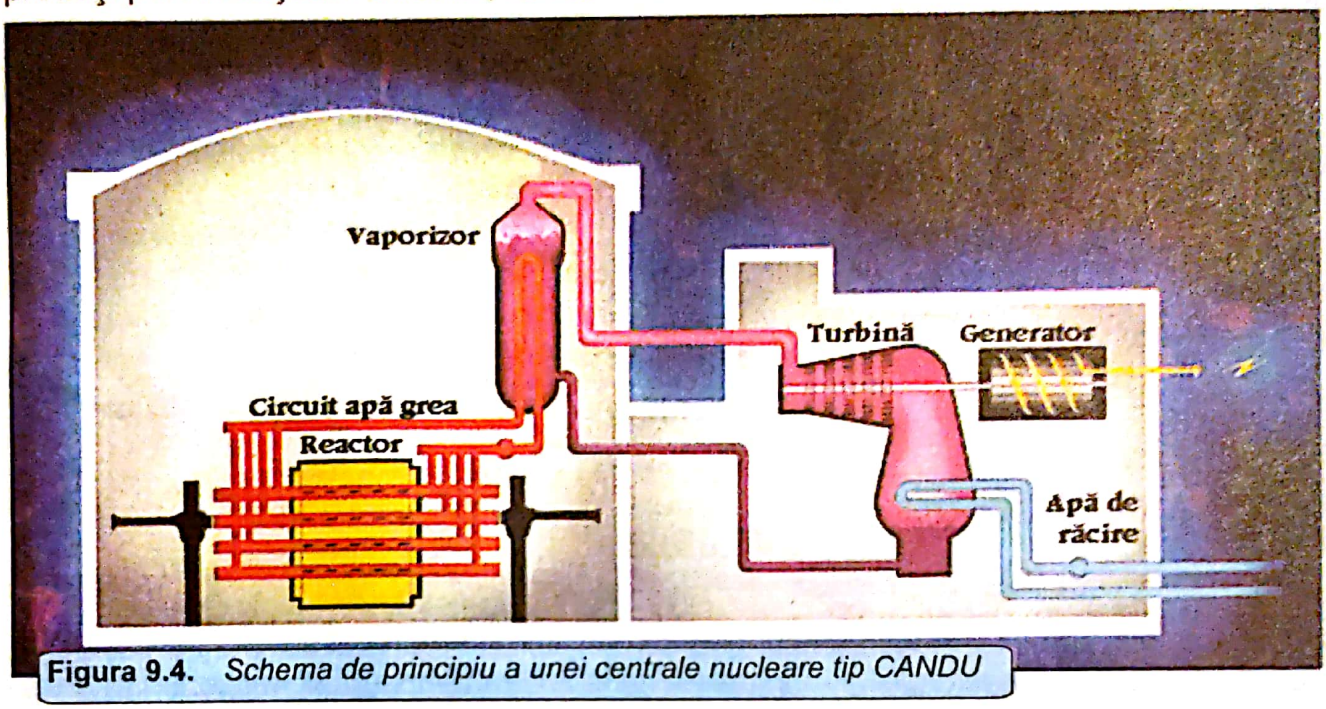


Figura 9.4. *Schema de principiu a unei centrale nucleare tip CANDU*

În funcționarea unei centrale nucleare există numeroase pierderi energetice. Cele mai semnificative au următoarele cauze:

- agentul de răcire nu cedează toată energia termică apei din vaporizor;
- vaporii nu cedează turbinei decât o mică parte din energia primită.

Aceste pierderi de energie (proprii şi termocentralelor) fac ca randamentul unei centrale nucleare să fie relativ mic față de randamentul unei hidrocentrale. Există însă şi o serie de avantaje ale centralelor nucleare:

- într-un an, o centrală nucleară produce, de obicei, mai multă energie electrică decât o hidrocentrală;
- prețul de producere a energiei electrice în centrale nucleare este mai mic decât în termocentrale;
- puterea produsă este constantă (la o hidrocentrală, puterea produsă depinde de nivelul apei din lacul de acumulare, care, la rândul său, depinde de nivelul precipitațiilor);
- volumul reziduurilor este mult mai mic decât în cazul termocentralelor.

Funcționarea reactorului nuclear se bazează pe reacția de fisiune în lanț a combustibilului. Cel mai utilizat combustibil este uraniul.

În natură există mai mulți izotopi de uraniu: ^{234}U (99,27 %), ^{235}U (0,72 %) şi ^{238}U (0,0055 %). Dintre aceşti izotopi, doar ^{235}U poate fi utilizat în reactoarele nucleare pentru producerea energiei. Pentru unele reactoare este necesară creşterea concentrației de ^{235}U până la 2-5 %, creştere care se realizează prin procese tehnologice relativ costisitoare, obținându-se aşa-numitul ***uraniu îmbogățit***.

Scanned with OKEN Scanner

Combustibilul introdus în reactor are forma unor pilule compactate sub formă de bare (*figura 9.5*).

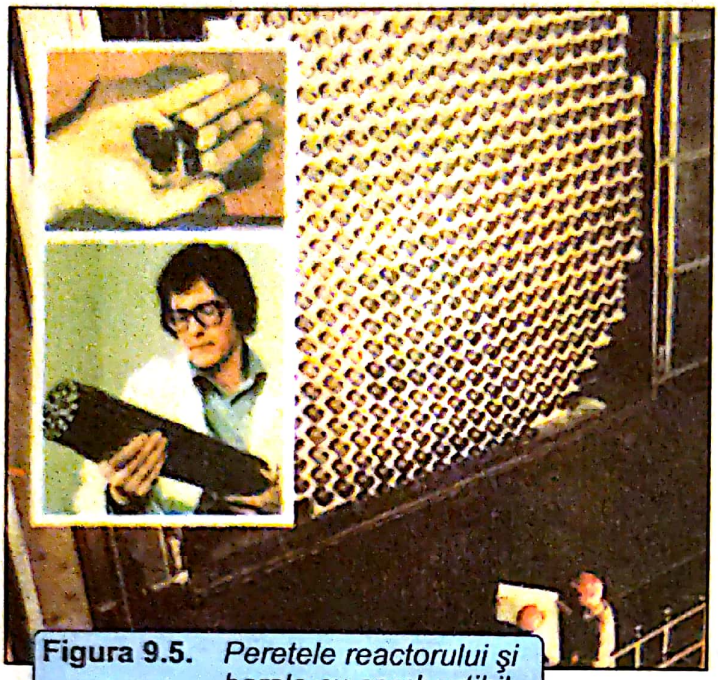


Figura 9.5. *Peretele reactorului şi barele cu combustibil*

Între barele de combustibil se găsesc barele de control. Acestea conţin ***cadmiu*** (element chimic ce absoarbe neutroni). Ele au rolul de a regla numărul de neutroni ce pot produce noi reacţii de fisiune, astfel încât puterea produsă de reactor să rămână constantă în timp.

Pentru menţinerea reacţiei în lanţ, în unele tipuri de reactoare, neutronii emişi în reacţiile de fisiune trebuie ***încetiniţi***.

Frânarea neutronilor se realizează într-un mediu numit *moderator*. Majoritatea reactoarelor folosesc ca moderator *apa grea*.

În timpul frânării neutronilor are loc un transfer de energie de la aceştia la moderator, temperatura moderatorului şi a combustibilului mărindu-se. Pentru transferul căldurii în exteriorul reactorului şi menţinerea constantă a temperaturii în reactor, în limite acceptabile, se foloseşte un *agent de răcire*. La unele tipuri de reactoare, moderatorul şi agentul de răcire sunt unul şi acelaşi lichid (de exemplu, apa grea).

Întregul ansamblu este închis într-o incintă etanşă, care izolează conţinutul reactorului de mediul înconjurător.

După încărcarea cu combustibil, reactorul asigură furnizarea de energie pe o perioadă de 2...3 ani.

Controlul reactoarelor nucleare se face computerizat (inclusiv al sistemelor utilizate pentru protecţia reactorului şi a mediului înconjurător).

Ţara	În funcţiune		% din energia electrică	În construcţie	
	Unităţi	Putere (MW)		Unităţi	Putere (MW)
Argentina	2	935	13,4	1	692
Belgia	7	5 713	66,0	0	0
Canada	14	10 298	15,1	0	0
Coreea(S)	14	11 380	53,3	6	5 450
Franţa	58	61 723	69,8	1	1 450
Germania	19	21 044	31,3	0	0
Japonia	52	43 249	29,1	0	0
România	**1**	**630**	**10**	**1**	**630**
Rusia	29	19 843	11,2	3	2 825
SUA	104	96 871	17,7	0	0

Centralele nucleare au între 1 şi 8 reactoare (unităţi), fiecare cu o putere instalată de cel puţin 600 MW.

În tabelul alăturat este prezentată sintetic producţia de energie electrică în centrale nucleare (informaţii de la *Agenţia Internaţională pentru Energie Atomică*).

De exemplu, centrala de la Cernavodă produce, cu un singur reactor, aproximativ 10 % din totalul energiei electrice produse în România.

Scanned with OKEN Scanner

Centralele CANDU

Centrala de la Cernavodă, construită în colaborare cu societatea *Canadian Deuterium Uranium*, utilizează reactoare CANDU. Acestea au fost proiectate ca o replică la alte tipuri de reactoare nucleare, care folosesc uraniu îmbogățit (2...5 % ^{235}U). Ele au câştigat încredere datorită faptului că nu utilizează presiuni care ar putea sparge recipientele şi nu necesită costisitoarea operație de îmbogățire a uraniului. Combustibilul se prezintă sub formă de pastile care conțin dioxid de uraniu (cu concentrația de 0,7 % ^{235}U). O centrală CANDU foloseşte deci combustibil relativ ieftin, care, teoretic, poate fi utilizat timp de 2...3 ani.

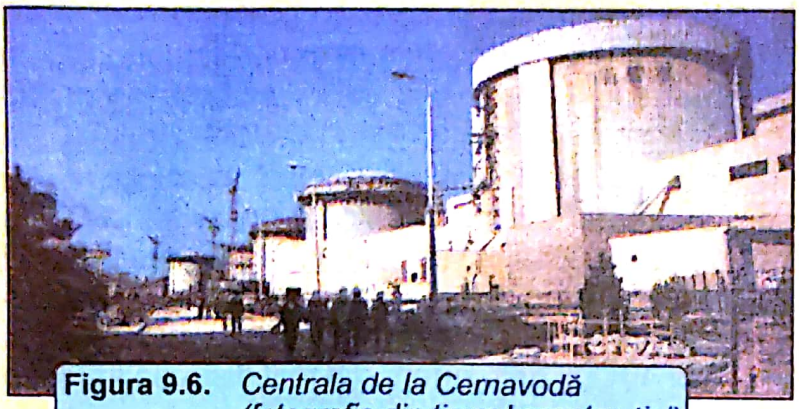


Figura 9.6. *Centrala de la Cernavodă (fotografie din timpul construcției)*

Structura unui reactor CANDU constă dintr-un recipient cilindric orizontal, cu tuburi pentru barele de combustibil şi pentru lichidul de răcire (apă grea), plasate orizontal (*figura 9.5*).

În jurul acestor tuburi se află apă grea, care acționează ca moderator. Apa grea conține doi atomi de deuteriu (un izotop neradioactiv al hidrogenului) şi un atom de oxigen. Atomii de deuteriu reprezintă aproximativ 1,5 % din hidrogenul din natură. Apa grea este mult mai eficientă ca moderator decât apa obişnuită şi permite folosirea uraniului natural drept combustibil. Apa grea se obține în întreprinderi specializate, prin separarea sa din apa naturală (există o astfel de întreprindere la Drobeta Turnu-Severin). Costurile mari ale procesului sunt compensate prin durata mare de utilizare a produsului şi prin faptul că se poate utilizare un combustibil ieftin (uraniul natural).

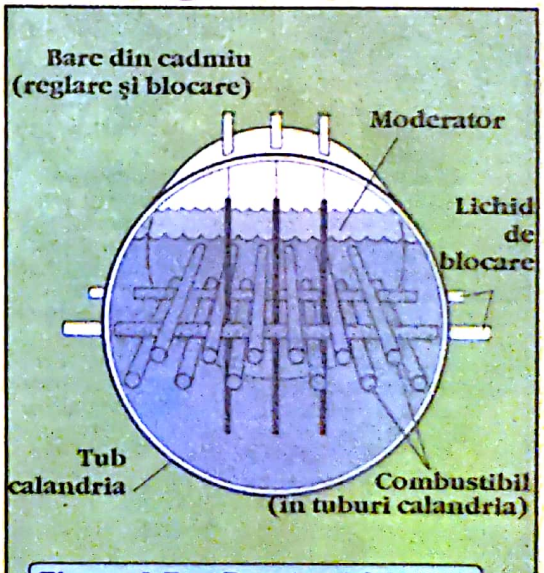


Figura 9.7. *Reactorul CANDU*

În *figura 9.7* poți remarca două dintre numeroasele sisteme de siguranță ale reactorului: tuburile prin care se poate injecta lichid de blocare şi barele din cadmiu.

Figura 9.8. *Centrala de la Pickering*

8 unități
540 MW fiecare

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

9.2 Armament nuclear

Datorită prigoanei fasciste din anii '30 şi imediat după începerea celui de-al doilea război mondial, un mare număr de savanți din Europa au emigrat în SUA. Începând din 1941, Hitler amenința mereu cu „arma finală". Conştienți de faptul că, o dată cu descoperirea în Germania, în 1937, a reacției de fisiune în lanț, exista posibilitatea construirii de către Germania fascistă a bombei atomice, unii dintre savanți au atras atenția preşedintelui SUA asupra acestui pericol. S-a lansat astfel un proiect de realizare a unei bombe atomice, proiect la care au participat numeroşi fizicieni. După trei ani de cercetări, în aprilie 1945, în deşertul Alamogordo, în apropiere de localitatea Los Alamos (statul New Mexico, SUA) a avut loc primul experiment constând în detonarea unei bombe bazate pe fisiunea uraniului.

La 6 august 1945, Statele Unite au lansat prima bombă atomică asupra oraşului Hiroshima (Japonia). În urma acestei explozii au murit peste 100 000 de oameni din cei aproximativ 350 000 de locuitori şi au rămas fără adăpost încă aproximativ 170 000 de locuitori (oraşul a fost distrus în proporție de 60 %). La 9 august 1945, Statele Unite au lansat a doua bombă atomică asupra oraşului Nagasaki (Japonia). Au murit aproximativ 40 000 de oameni şi a fost distrusă aproape o treime din oraş.

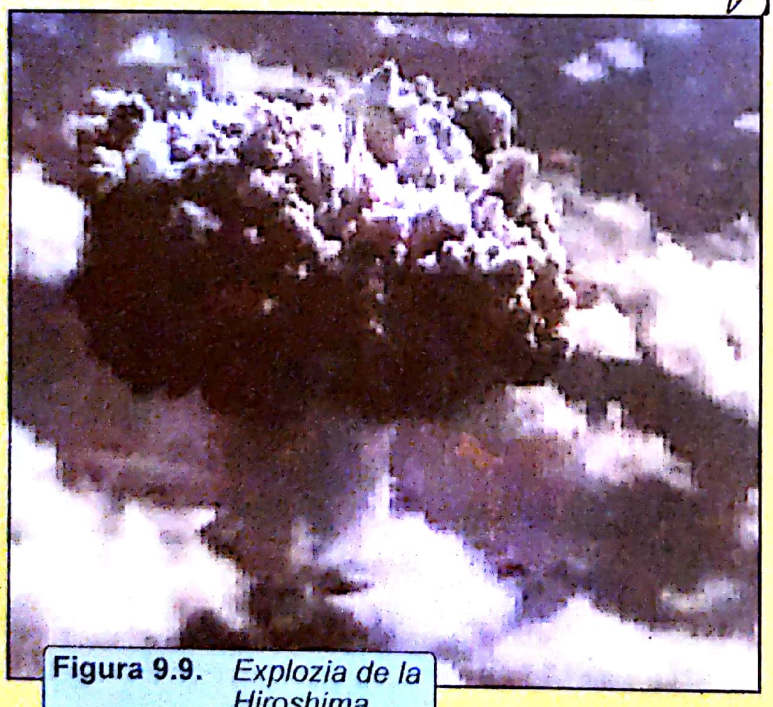


Figura 9.9. *Explozia de la Hiroshima*

Figura 9.10. *Domul de la Hiroshima*

Efectele acestor explozii au fost devastatoare *(figura 9.9*, fotografie din avion). Ele au fost depăşite, probabil, numai de efectele bombardamentelor cu bombe convenționale în toată Anglia şi în oraşele Dresda, Hamburg şi Tokyo (luate la un loc!) în timpul celui de-al doilea război mondial. Cele două bombe lansate împotriva oraşelor japoneze au fost singurele utilizate într-un conflict armat.

Scanned with OKEN Scanner

Primele bombe nucleare construite au utilizat reacția de fisiune. Principiul de construcție al acestora este următorul: două bucăți de material fisionabil (depășind doar împreună masa critică) sunt aduse *rapid* în contact. Energia uriașă transferată mediului înconjurător prin violenta reacție în lanț, care cuprinde întregul material fisionabil într-o fracțiune de secundă, are efecte devastatoare. La locul exploziei bombei se produce o uriașă „ciupercă", ce ridică de pe sol o cantitate enormă de material (*figura 9.12*). Efectele unei explozii nucleare sunt:

Figura 9.11. *Crater rezultat în urma unei explozii termonucleare*

- ***termice***: în centrul exploziei, temperatura atinge valori enorme (milioane de grade);
- ***mecanice***: datorită temperaturilor uriașe, presiunea aerului crește foarte mult. Această perturbație a presiunii aerului se propagă sub forma unei ***unde de șoc***, care determină distrugerile mecanice;
- ***de iradiere***: radiațiile nucleare care însoțesc reacțiile de fisiune (formate, în general, din fluxuri de neutroni și radiații γ) determină efecte biologice atât pe termen scurt, cât și pe termen mediu și lung;
- ***luminoase***: intensitatea luminoasă este atât de mare încât poate provoca leziuni grave ale retinei.

Figura 9.12. *„Ciuperca" atomică*

La 1 noiembrie 1952 a fost detonată, pentru testare, în Statele Unite, prima versiune de dimensiuni mari a bombei cu hidrogen. Aceasta foloseşte reacţii de fuziune şi este de mii de ori mai puternică decât bomba atomică, bazată pe reacţia de fisiune.

Armele nucleare construite în ultimii ani cuprind, în general, bombe cu fuziune. Testarea acestora se face prin explozii subterane, în zone deşertice sau pe insule izolate.

Figura 9.13. *Test nuclear în atolul Mururoa*

Bombele nucleare pot fi lansate spre ţinte fie cu ajutorul *avioanelor*, fie cu ajutorul *rachetelor purtătoare*. Astfel de rachete pot fi lansate *de pe sol*, *de pe avioane* sau *de pe submarine* şi pot ajunge la ţintă într-un interval de ordinul **minutelor**. Conform diferitelor strategii militare, primele ţinte vizate în cazul unui bombardament nuclear sunt *arsenalele nucleare* ale potenţialilor inamici. Datorită puterii enorme a acestor arme, detonarea lor ar însemna însă distrugerea completă a unor teritorii vaste.

Figura 9.14. *Purtătoare de rachete nucleare*

Deoarece un război nuclear ar putea însemna distrugerea vieţii pe Pământ, au fost semnate ***tratate pentru neproliferarea armelor nucleare***.

Aceste tratate prevăd:

- distrugerea controlată a arsenalelor nucleare depăşite fizic;
- neefectuarea de experimente care ar putea pune în pericol viaţa pe Pământ;
- limitarea armamentului nuclear existent în dotarea ***statelor nucleare***;
- limitarea accesului statelor care nu posedă arme nucleare (***state nenucleare***) la tehnologie care să le permită realizarea de armament nuclear;
- nerecurgerea la ameninţarea cu utilizarea şi la utilizarea armamentului nuclear.

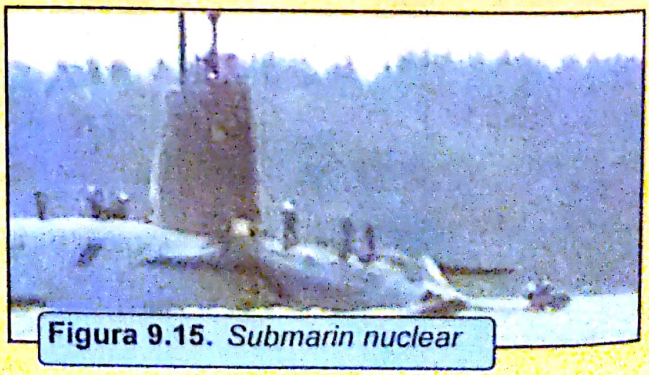


Figura 9.15. *Submarin nuclear*

Scanned with OKEN Scanner

9.3 Accidente nucleare

Conştient sau nu, cei care nu sunt familiarizaţi cu fizica nucleară sunt adesea preocupaţi de posibilitatea unei explozii nucleare devastatoare, cauzată de pierderea controlului unui reactor nuclear. Teama provine din faptul că s-a auzit despre energia nucleară în special din relatările despre exploziile bombelor nucleare în Japonia, explozii care au pus capăt celui de-al doilea război mondial.

De la descoperirea fisiunii nucleare, populaţia a fost saturată cu povestiri alarmante şi cu exagerări despre energia nucleară. S-a emis astfel ipoteza că orice reactor poate exploda oricând ca o bombă nucleară.

În principiu, nici un reactor nuclear nu poate exploda ca o bombă. Sunt însă posibile accidente în care reactoarele să se supraîncălzească, iar componentele lor, depinzând de materialele din care sunt realizate, să se topească sau să ardă. Creşterea presiunii agentului de răcire poate deveni cauza unor explozii „mecanice" care ar deteriora învelişul reactorului sau al sistemului de răcire. Astfel, pot fi împrăştiate în spaţiu materiale radioactive, care să contamineze mediul înconjurător. Centralele nucleare actuale sunt proiectate astfel încât probabilitatea unor accidente de acest tip să fie minimă.

Toate reactoarele nucleare moderne sunt închise în containere extrem de sigure. Acestea sunt proiectate astfel încât să prevină orice scurgeri radioactive care ar putea rezulta în urma unor accidente de operare.

Două dintre cele mai reprezentative accidente nucleare din punctul de vedere al cauzelor, evoluţiei şi urmărilor sunt cele de la Three Mile Island şi de la Cernobîl. Ambele accidente s-au datorat factorului uman, dar, datorită sistemelor de protecţie diferite, au avut urmări diferite.

Accidentul din 1979 de la centrala din Three Mile Island (statul Pennsylvania, SUA) reprezintă o demonstraţie a siguranţei sistemelor utilizate în SUA. Defectarea sistemului de răcire a condus la supraîncălzirea reactorului. Defecţiunea a fost reparată cu câteva minute înainte ca situaţia să devină critică. Scăpările de gaze radioactive în timpul accidentului au fost nesemnificative (pagubele înregistrate au fost însă de aproximativ un miliard de dolari). Nivelul de iradiere a celor câţiva oameni aflaţi în zonă a fost comparabil cu cel determinat de radiaţia naturală pe parcursul unui an.

Accidentul de la Cernobîl (Ucraina, 1986) şi urmările sale sunt o demonstraţie a nerespectării întocmai a disciplinei tehnologice şi a menţinerii în funcţionare a unui reactor depăşit. Nu s-au produs condiţiile unei arderi necontrolate a materialului nuclear, dar temperaturile uriaşe au determinat distrugerea părţii superioare a reactorului şi deci scăpări importante de material radioactiv în mediul înconjurător. Au existat pierderi de vieţi omeneşti în timpul primelor două-trei luni care au urmat accidentului, cele mai multe printre cei care au primit o doză mare de radiaţii încercând să reducă dimensiunile incendiului prin acoperirea reziduurilor radioactive pentru a preveni alte scăpări de fluxuri radioactive. Accidentul a făcut obiectul a numeroase studii întreprinse de diferite echipe de specialişti pentru a se putea evita repetarea condiţiilor care l-au produs.

Scanned with OKEN Scanner

Din punct de vedere tehnic, pentru centralele moderne, probabilitatea producerii unui accident de tip Cernobîl este nulă, acestea fiind dotate cu numeroase sisteme automate de protecție. Există totuşi posibilitatea unor accidente datorită prezenței factorului uman.

Centralele nucleare sunt astfel proiectate încât să cuprindă sisteme care să prevină producerea accidentelor nucleare. Acestea sunt dispuse „în linie", astfel încât, dacă un sistem de protecție se defectează, un altul să îi ia locul şi aşa mai departe. Desigur, este posibil ca toate sistemele din „linia" de protecție să cadă unul după celălalt, dar probabilitatea producerii unui astfel de eveniment este extrem de mică. Accidentul de la Cernobîl s-a datorat unei erori umane: sistemul de răcire a fost oprit în vederea realizării unui experiment. Trebuie menționat însă şi faptul că tipul de reactor respectiv era slab protejat pentru astfel de accidente.

Riscurile accidentelor nucleare sunt estimate de ***analiza de risc probabilistic***, ştiință a cărei dezvoltare este deosebit de rapidă. Analizele sunt efectuate pentru fiecare centrală nucleară în parte.

Iată un exemplu de rezultat obținut de *analiza de risc probabilistic*, la nivel global:

- o topire a combustibilului are o probabilitate de una în 20 000 de ani de operare a unui reactor;
- în două din trei astfel de topiri nu vor fi decese;
- în una din cinci ar putea fi aproximativ 1 000 de decese, iar în una din 100 000 ar putea fi 50 000 de decese.

Reunind aceste rezultate se obține o medie de 400 de decese/an. O analiză de acelaşi tip estimează că poluarea aerului datorată arderii cărbunelui este cauza a 10 000 de decese anual.

Cel mai mare număr de decese determinate de poluarea atmosferică prin accidente de ardere a cărbunelui s-a produs în Londra (1952), în doar trei săptămâni înregistrându-se 3 500 de decese.

O problemă deosebită în energetica nucleară o reprezintă depozitarea reziduurilor nucleare. Reactoarele produc reziduuri radioactive. Acestea pot infecta aerul atmosferic, pânzele freatice, plantele etc.

Reziduurile, depuse în containere speciale, sunt depozitate în locuri special amenajate. Cel mai frecvent, aceste locuri speciale sunt amenajate sub pământ, în vechi mine părăsite.

Şi în cazul acestor depozite sunt esențiale respectarea riguroasă a disciplinei tehnologice şi un studiu adecvat referitor la metodele de depozitare. În 1957, într-un loc de depozitare din munții Ural (Rusia), reziduurile nucleare s-au aprins în mod „misterios" şi au explodat. Au murit zeci de oameni.

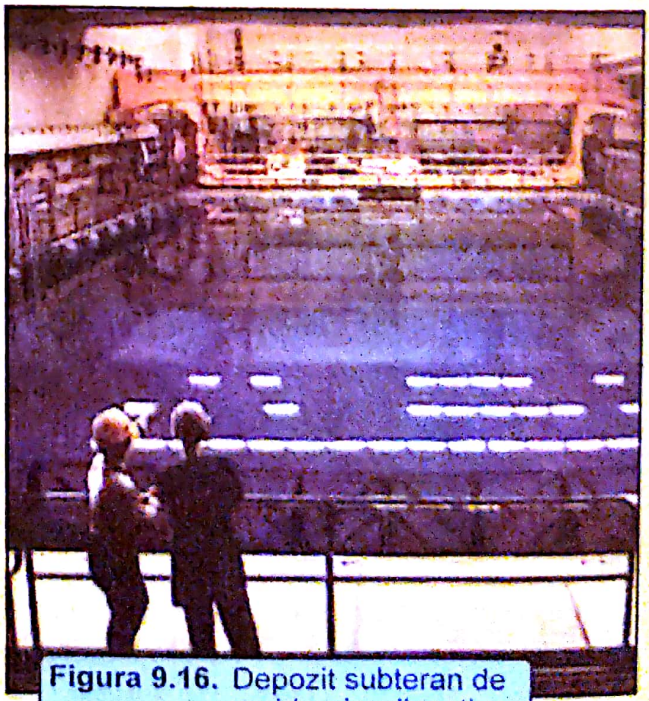


Figura 9.16. Depozit subteran de reziduuri radioactive

Scanned with OKEN Scanner

Probleme – întrebări

1. Compară lanțurile energetice ale diferitelor centrale producătoare de energie electrică.
2. Descrie alcătuirea unui reactor nuclear.
3. Enumeră câteva dintre pierderile energetice dintr-o centrală nucleară.
4. Care sunt avantajele obținerii energiei electrice într-o centrală nucleară, în comparație cu obținerea energiei în termocentrale sau hidrocentrale?
5. Ce reacții au loc într-un reactor nuclear?
6. De ce trebuie îmbogățit uraniul utilizat drept combustibil în unele reactoare nucleare?
7. Sub ce formă este aranjat combustibilul nuclear? Încearcă să justifici această formă.
8. Care este rolul barelor de control?
9. Care este deosebirea dintre rolul agentului de răcire şi cel al moderatorului?
10. Prin ce se deosebeşte apa grea de apa obişnuită?
11. Ce este deuteriul?
12. Care este timpul mediu de funcționare a unui reactor cu o încărcătură de combustibil?
13. Unde şi când a avut loc primul experiment constând în detonarea unei bombe bazate pe fisiunea uraniului?
14. Care au fost efectele primelor bombardamente atomice?
15. Compară efectele exploziei unei bombe nucleare cu cele ale unei bombe clasice.
16. Descrie principiul de funcționare al primelor bombe nucleare.
17. Descrie efectele unei explozii nucleare.
18. Prin ce se deosebesc bombele cu hidrogen de primele bombe nucleare?
19. Unde se testează bombele nucleare şi de ce?
20. Ce cuprind tratatele pentru neproliferarea armelor nucleare?
21. Care sunt accidentele care ar putea avea loc într-o centrală nucleară, cu cea mai mare probabilitate? Care ar putea fi cauzele lor?
22. Descrie două dintre cele mai reprezentative accidente nucleare din punctul de vedere al cauzelor, evoluției şi urmărilor lor.
23. Cum şi unde se depozitează reziduurile radioactive? De ce?
24. Perfecționarea armamentului nuclear urmăreşte micşorarea efectelor mecanice şi mărirea efectelor biologice. Uneori, astfel de arme sunt numite „curate". Prin fluxurile de radiații emise, ele ar putea determina modificarea radicală a condițiilor de viață de pe Pământ. Imaginează-ți cum ar arăta lumea în urma unui război nuclear în care s-ar utiliza astfel de arme. Documentează-te şi scrie un eseu pe această temă.
25. Documentează-te şi scrie un eseu cu tema: „Omul nu va distruge niciodată Pământul pe care s-a născut".

Scanned with OKEN Scanner

10. TEME DE SINTEZĂ

10.1 Surse de energie

„Consumul" de energie

O dată cu revoluția industrială, la mijlocul secolului al XVIII-lea, au fost elaborate şi diferențiate, în cadrul aşa-numitelor „ştiințe pure", conceptele de **temperatură** şi **căldură**. În acelaşi timp au fost construite şi instrumente de măsură corespunzătoare. Problemele tehnice din domeniul industriilor în devenire au dus la introducerea conceptului de **lucru mecanic**.

Descoperirea şi perfecționarea maşinii cu aburi a condus la ideea unei legături între căldura furnizată unui motor termic şi lucrul mecanic produs de el, adică la necesitatea definirii conceptului de **randament**.

La sfârşitul primei jumătăți a secolului al XVIII-lea a fost stabilită *echivalența dintre căldură şi lucru mecanic* şi a fost enunțată **legea conservării energiei**. Această lege este considerată un *principiu universal* ce leagă între ele diferite domenii ale ştiinței.

Conceptul de **energie** a depăşit granițele ştiinței şi industriei, fiind utilizat, practic, în toate domeniile. Producerea, distribuirea şi utilizarea energiei este problema economică majoră a societății contemporane. Societatea industrială, care a debutat cu inventarea dispozitivelor producătoare de energie şi s-a dezvoltat căutând să înlocuiască în cât mai mare măsură forța umană, este confruntată cu lipsa de energie.

Ştiința trebuie să găsească noi surse de energie sau noi tehnologii de exploatare a surselor cunoscute, astfel încât necesarul de energie la scară planetară să poată fi asigurat.

Tehnologiile cu ajutorul cărora se asigură necesarul de energie trebuie să înlăture poluarea şi degradarea mediului şi să țină cont de prețul de cost al energiei obținute.

Se pot pune următoarele întrebări:

- Cum se explică posibilitatea apariției unei crize energetice, dacă energia se conservă?
- Faptul că, în diferite procese, combustibilii ce produc energie se consumă nu înseamnă că şi energia se consumă?

Din punct de vedere fizic, alăturarea consumului de energie cu conservarea energiei este pe deplin justificată.

Exemple

1. Apa dintr-o locuință este folosită permanent pentru spălare, curățare, dar, evident, apa nu este pierdută; ea este conservată, sub aspect cantitativ. Apa drenată la canal este uzată în sensul că ea nu mai poate fi reutilizată în forma inițială.
Exemplul arată că noțiunile **a conserva** sau **a consuma** nu sunt aplicate în mod normal în sensul distrugerii cantității, ci *al schimbării în ceea ce priveşte calitatea.*
2. Apa încălzită inițial cu ajutorul unui termoplonjor, dar păstrată într-un mediu mai rece, ajunge la temperatura mediului. Procesul presupune o „degradare" a energiei (energia furnizată apei prin încălzire a „dispărut"). Evident, această energie a fost transferată mediului.
3. Apa unei cascade poate fi folosită pentru a pune în mişcare o turbină cuplată la un generator care produce energie electrică. În absența turbinei, energia potențială a apei ar fi transformată în energie termică, preluată de apă şi de mediul înconjurător. În acest caz, energia a fost „degradată".

Scanned with OKEN Scanner

4. Un automobil consumă energia produsă prin arderea combustibilului. Fără a lua în considerare consumul prin accelerarea automobilului, energia este folosită pentru învingerea frecărilor datorate rezistenței aerului la înaintare și la rulare. Această energie este „degradată" deoarece nu mai poate fi utilizată.

Concluzie

- Procesele energetice sunt însoțite de o „degradare" a energiei, obținându-se în final energie care nu mai poate fi utilizată în același mod.

„Degradării" energiei îi corespunde *consumul* de energie. Acest fapt nu contrazice legea conservării energiei. Pentru a înlocui energia consumată („degradată") sunt necesare **surse de energie**.

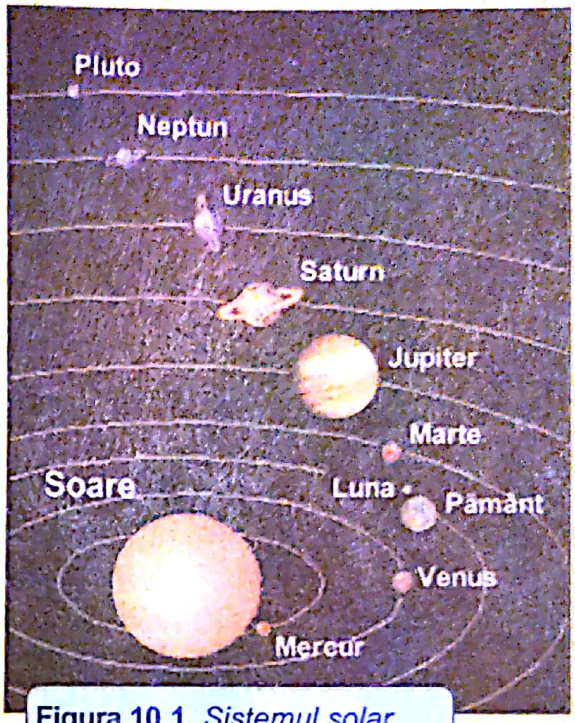


Figura 10.1. *Sistemul solar*

Soarele constituie principala sursă de energie pentru Pământ, fiind steaua care domină sistemul planetar din care face parte și planeta noastră. Soarele furnizează energia necesară asigurării vieții: mâncarea și combustibilii provin din plante care au folosit, pentru a crește, energia solară. Energia totală emisă de Soare sub formă de radiații este aproximativ constantă în timp, variațiile de la o zi la alta fiind neglijabile (sub 0,2 %). Această stabilitate energetică a permis și permite în continuare supraviețuirea și dezvoltarea vieții pe Pământ.

Documentar

Soarele este o stea de mărime și luminozitate medii. Ca și majoritatea celorlalte stele, Soarele este alcătuit din 71 % hidrogen, 27 % heliu și 2 % alte circa 70 de elemente.

Uriașa energie furnizată de Soare este datorată reacțiilor de fuziune nucleară care au loc în interiorul său. În apropierea centrului său, temperatura este de aproximativ 16 000 000 K, iar densitatea de 150 000 kg/m^3. În aceste condiții, materia se găsește în stare de plasmă fierbinte și se produc reacții de fuziune care, în interiorul Soarelui, au loc în mod ciclic, după un ciclu descoperit de fizicianul german Hans Bethe, în 1938.

Conform **ciclului Bethe**, din 4 nuclee de hidrogen se obține un nucleu de heliu. La parcurgerea unui ciclu se furnizează mediului înconjurător o energie de aproximativ $4 \cdot 10^{-12}$ J, prin radiații γ și energie cinetică a particulelor rezultate din reacții. Deși, la o singură parcurgere a ciclului, energia eliberată este foarte mică (din punct de vedere macroscopic), totuși, numărul de reacții fiind foarte mare, energia eliberată în fiecare secundă este enormă, fiind echivalentă cu cea care ar fi obținută prin explozia a 100 de miliarde de bombe cu hidrogen de o megatonă fiecare.

Deși la reacțiile de fuziune termonucleară din Soare participă 600 de milioane de tone de hidrogen în fiecare secundă, masa Soarelui fiind foarte mare ($m = 2 \cdot 10^{30}$ kg), se estimează că debitul actual de energie emis va fi menținut încă aproximativ 6 miliarde de ani.

Energia solară este transmisă prin radiații electromagnetice care fac ca pe fiecare cm^2 din suprafața Pământului să ajungă o energie de circa 9 J în fiecare minut (în medie). Valoarea strictă a energiei solare incidente într-un punct de pe suprafața Pământului depinde, într-un mod complicat, dar previzibil, de ziua din an, de ora din zi și de coordonatele geografice ale punctului respectiv.

Scanned with OKEN Scanner

Transformări naturale ale energiei solare

Acumularea energiei solare are loc pe cale naturală, la traversarea de către radiații a atmosferei, în urma contactului cu suprafața oceanelor şi a pământului sau prin influențarea vieții plantelor.

Figura 10.2. *Centrală eoliană*

Generatoare eoliene

Acțiunea radiației solare asupra oceanelor şi a atmosferei produce vântul, care este folosit de secole pentru a pune în mişcare morile de vânt. Aplicațiile moderne ale energiei vântului folosesc turbine aerodinamice, cuplate cu generatoare electrice. Energia electrică obținută pe această cale este transferată în rețele locale de distribuție a energiei electrice.

Aproximativ 30 % din energia solară ce ajunge în atmosferă este consumată în cicluri hidrologice, care produc precipitații şi determină acumularea de energie potențială a apei pe înălțimi muntoase sau în râuri. Puterea produsă de deplasarea apei prin turbine cuplate cu generatoare electrice este numită putere hidroelectrică.

Figura 10.3. *Barajul unei hidrocentrale*

Puterea hidroelectrică are o contribuție importantă la consumul de putere, în țările dezvoltate din punct de vedere industrial. Ea se foloseşte prin construirea unui baraj pe un râu de munte unde există o diferență de nivel mare, pe un fluviu unde debitul apei este mare sau în apropierea litoralului, unde mareea prezintă o diferență de nivel de câțiva metri. În spatele barajului se realizează un **lac de acumulare**. Apa din lacul de acumulare este trimisă prin conducte de fugă (conducte aproape verticale) într-o turbină cuplată la un generator electric, transformându-se astfel energia potențială a apei în energie electrică. Cea mai mare hidrocentrală din România se află pe Dunăre, la Porțile de Fier. Construită împreună cu Iugoslavia, această hidrocentrală are o putere instalată de 1100 MW (partea românească).

Convertoare termale de energie marină

Oceanele posedă o formă naturală de stocare a energiei solare. Ca rezultat al absorbției energiei solare de către oceane şi datorită curenților oceanici, în apă apare o diferență de temperatură între straturi aflate la diferite adâncimi. În unele locuri, diferența de temperatură poate atinge valori de aproximativ 20°C la o diferență de adâncime de câteva sute de metri. Această diferență de temperatură permite funcționarea unor motoare termice, care sunt cuplate la generatoare electrice. Un număr mare de astfel de sisteme formează un sistem numit *convertor termal de energie oceanică* (OTEC – abreviere de la *Ocean Thermal Energy Converter*). Se pot produce astfel puteri electrice de ordinul megawaților.

TEME DE SINTEZĂ 10

Scanned with OKEN Scanner

Receptori solari

Asupra unui cazan cu lichid situat într-un **turn de putere** sunt trimise raze solare focalizate cu un număr mare de oglinzi orientate în permanență, astfel încât fasciculul reflectat să se propage pe aceeaşi direcție. Orientarea acestor oglinzi (denumite **heliostate**) este comandată de calculatoare.

Aburii obținuți astfel sunt trimişi într-o turbină cuplată la un generator electric.

Furnale solare

Permit obținerea temperaturilor înalte, folosite în cercetarea comportării materialelor. Cea mai mare instalație de acest tip este construită în Franța, în munții Pirinei. Ea este alcătuită din 9 600 de heliostate, cu o suprafață totală de 1 800 m^2, şi permite obținerea în furnal a unei temperaturi de 4 000°C.

Celule solare

Celulele solare sunt alcătuite din cristale de siliciu, galiu, arseniu sau alt semiconductor şi transformă direct energia solară în energie electrică prin generare de electroni liberi în cristalele respective (energia luminoasă incidentă „smulge" electroni din învelişurile electronice ale atomilor). Deoarece prețul lor de cost este relativ ridicat, celulele solare echipează, deocamdată, instalațiile ce nu pot fi cuplate la alte surse de energie (echipamente greu accesibile, cum ar fi balizele sau sateliții artificiali) sau consumatori de mică putere, cum ar fi microcalculatoarele. Se fac eforturi materiale considerabile pentru cercetări în acest domeniu, deoarece există perspectiva obținerii unei independențe energetice locale (pentru locuințe, autovehicule etc.).

Captatoare solare

Colectarea directă a energiei solare implică folosirea unor dispozitive numite colectoare sau captatoare solare. Acestea colectează, de obicei, energia prin focalizarea razelor solare asupra lor. Energia, o dată colectată, este folosită în procese termice sau fotovoltaice. În procesele termice, energia solară este folosită pentru a încălzi un lichid sau un gaz, fiind apoi stocată sau distribuită.

Captatoarele solare folosite în procesele termice interceptează radiațiile solare şi folosesc energia acumulată pentru a încălzi fluidul (lichid sau aer) care trece prin conductele din interiorul colectorului. Fluidele se pot încălzi astfel până la temperaturi de peste 80°C, cu un randament cuprins între 40% şi 80%. Aceste captatoare solare sunt folosite şi pentru încălzirea apei de uz casnic (*figura 10.4*).

? Unde trebuie plasate captatoarele solare ale unei clădiri aflate în emisfera nordică?

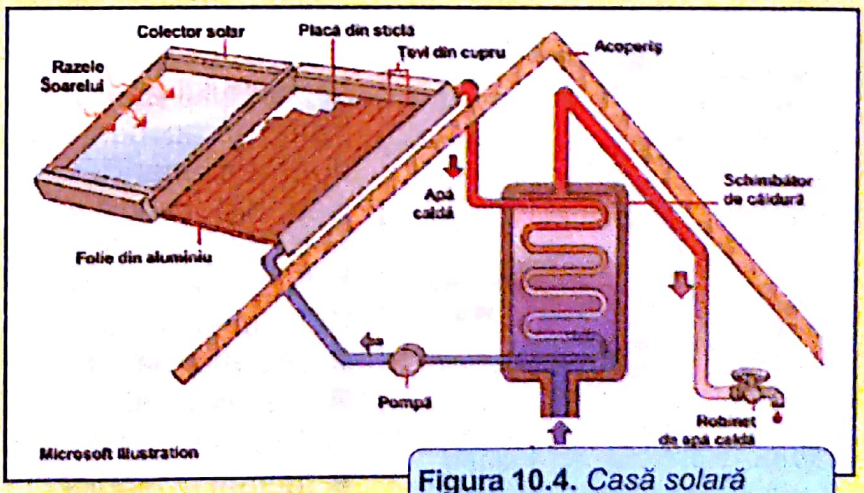


Figura 10.4. *Casă solară*

TEME DE SINTEZĂ 10

Scanned with OKEN Scanner

Centrale geotermice

Geotermia este ştiinţa care studiază posibilitatea transferului energiei interioare a Pământului spre suprafaţă. Aplicaţiile practice ale geotermiei constau în găsirea zonelor cu concentraţii naturale de apă fierbinte – sursa de energie geotermică – pentru a o utiliza în generarea energiei electrice sau, direct, în diferite procese industriale ori pentru a încălzi interioarele. Căldura este produsă în interiorul crustei şi al învelişului superior al Pământului, în primul rând, *prin dezintegrarea elementelor radioactive.*

Prima centrală electrică ce foloseşte drept energie primară energia geotermică a fost construită în Italia (Toscana) în 1904. Cel mai mare complex de energie geotermică funcţionează în prezent în nordul Californiei (SUA) şi are o putere instalată de 1 400 MW, suficientă pentru a acoperi aproape în întregime consumul metropolei San Francisco, situată la circa 170 km de centrală.

O tehnică nouă pentru exploatarea energiei geotermice a fost testată în New Mexico (SUA), prin forarea într-o rocă uscată, aflată la poalele unui vulcan stins. În puţul forat se injectează de la suprafaţă apă, care revine sub formă de abur supraîncălzit.

Centrale termoelectrice

Tradiţional, energia electrică este produsă în termocentrale. Principiul lor de funcţionare se bazează pe arderea combustibilului într-un cuptor. Pereţii cuptorului sunt străbătuţi de kilometri de conducte prin care trece apă. Aceasta pătrunde în cuptor la o temperatură mică şi iese la o temperatură ridicată. În boiler se produc astfel vapori de înaltă presiune şi înaltă temperatură, care sunt trimişi într-o turbină cuplată la un generator electric. Apa obţinută după condensarea vaporilor ce au interacţionat cu turbina este pompată înapoi, în boiler, pentru a participa la un nou ciclu.

Gazele produse prin arderea combustibilului traversează diferite tipuri de filtre destinate purificării (reţinerii sulfurilor şi a dioxidului de carbon, produse prin ardere), înainte de a fi eliberate în atmosferă.

Centrale nucleare

Structura, avantajele şi dezavantajele acestui tip de centrale sunt prezentate în paragraful 9.1.

Perspective în producerea şi folosirea energiei

Figura 10.5 prezintă distribuţia surselor de energie utilizate în anii `90. Se remarcă o dominaţie clară a consumului de combustibili tradiţionali.

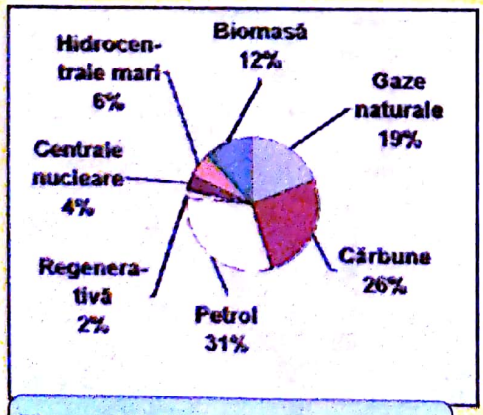


Figura 10.5. *Surse de energie*

Pentru a anticipa modificările produse în privinţa necesarului energetic al viitorului, precum şi posibilităţile de acoperire a acestui necesar, s-au imaginat diverse scenarii. O astfel de descriere, pentru a deveni plauzibilă, trebuie să ia în considerare mai mulţi factori:

- creşterea demografică;
- factorii economici;
- fluxurile financiare;
- dezvoltarea tehnologică;
- creşterea eficienţei în folosirea stocurilor actuale de combustibili;
- factorii ecologici.

TEME DE SINTEZĂ 10

Scanned with OKEN Scanner

Un studiu care are la bază elementele de mai sus a fost realizat de Consiliul Mondial al Energiei. Acest studiu se referă la perspectiva anilor 2020 şi ia în considerare trei variante:

Varianta	Caracteristici
A	cea mai optimistă – presupune o creştere economică mare şi o cerere mare de servicii energetice în ţările în curs de dezvoltare
B	presupune o creştere economică mai lentă, precum şi venituri mai mici obţinute din exploatarea energiei
C	reprezintă un scenariu cu tendinţă ecologică pronunţată, reflectând preocupările generale privind conservarea mediului înconjurător

Unitatea de măsură folosită pentru a aprecia consumul energetic este tona echivalent petrol: 1 toe = 42 GJ = $42 \cdot 10^9$ J

Tabelul 10. 1 *Producţia de energie*

Combustibilul(Gtoe)	1960	1990	2020 A	2020 B	2020 C
Cărbune	1,4	2,3	4,9	3,4	2,1
Petrol	1,0	2,8	4,6	4,15	2,9
Gaz natural	0,4	1,7	3,6	3,25	2,5
Nuclear	-	0,4	1,0	1,0	0,7
Hidroenergetic (numai peste 10MeV)	0,15	0,5	1,0	1,0	0,7
Tradiţional	0,5	1,0	1,3	1,3	1,1
Regenerabil (nou)	-	0,2	0,8	0,7	1,3
TOTAL	3,3	8,9	17,2	14,8	11,3

Este de remarcat creşterea relativ egală a consumului de energie în perioade egale de 30 ani. Tabelul 10.1 evidenţiază şi tendinţa de creştere spectaculoasă a consumului de energie provenită din combustibilii de tip nou, regenerabili.

Concluzii

Rezervele mondiale de energie sunt enorme, suficiente pentru a satisface cererea pentru câteva zeci de mii de ani. De exemplu, folosirea unui singur procent din energia furnizată Pământului de Soare ar fi suficientă pentru asigurarea consumului energetic mondial. Întrebarea este cât de mult din această energie s-ar putea folosi în viitor.

Altă sursă considerabilă de energie provine din diferitele forme de energie regenerabilă. Este de remarcat totuşi că aceste resurse, al căror potenţial este enorm, vor putea căpăta o pondere mare în economia mondială doar cu ajutorul unor tehnologii noi.

La datele de mai sus se adaugă însă şi un element nou: prognozele ştiinţifice optimiste prevăd construirea, la sfârşitul celui de-al doilea deceniu al secolului XXI, a primelor *reactoare termonucleare* (sisteme nepoluante, deci fără restricţii de ordin ecologic). Dacă această prognoză se va adeveri, multe dintre datele din aceste tabele nu vor mai corespunde realităţii.

Controlul energiei nucleare provenite din reacţia de fuziune nucleară reprezintă speranţa energetică pentru viitorul omenirii. Astfel, energia obţinută dintr-un curent de apă corespunzând unui debit de 0,3 ℓ/s (o cană de apă pe secundă!) ar acoperi întregul consum de energie electrică din România.

Scanned with OKEN Scanner

10.2 Transferuri energetice

Pentru a funcționa, o jucărie electrică are nevoie de baterii. Funcționarea sa încetează când bateria s-a „descărcat".

Un automobil, pentru a se deplasa, foloseşte combustibil. Când combustibilul se termină, motorul se opreşte.

O moară de vânt îşi încetează funcționarea în absența vântului.

Un minicalculator cu celule solare funcționează numai la lumină. O hârtie aşezată în focarul unei lentile convergente îndreptate spre Soare ia foc. În absența luminii, minicalculatorul nu mai funcționează, iar hârtia nu se mai aprinde.

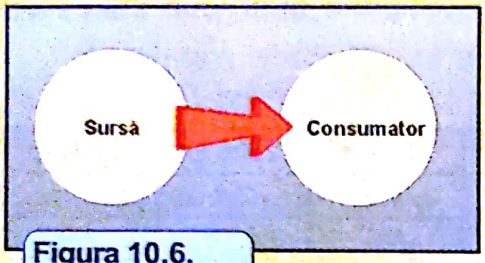


Figura 10.6.

Bateria electrică, combustibilul care arde, vântul, Soarele sunt **surse de energie**. Jucăria electrică, automobilul, moara de vânt, minicalculatorul sunt **consumatoare de energie**.

Pentru funcționarea unor dispozitive este necesar ca acestea să „primească" energie de la o „sursă".

Între sursă şi consumator are loc un **transfer de energie**. Conductoarele de legătură **transmit** energie de la baterie la motoraşul jucăriei. Motorul automobilului **transmite** energie, dezvoltată prin arderea combustibilului, la roți. Masele de aer aflate în mişcare **transmit** energie moril. Lumina **transmite** energie de la Soare la minicalculator şi la hârtie.

Prin interacțiune, sistemele fizice schimbă energie. Aceasta poate fi transferată fie prin deplasări ordonate ale sistemelor, fie prin modificarea agitației termice (mişcare dezordonată). Este posibilă definirea unor mărimi care măsoară **transferurile de energie** între două sisteme fizice.

Formele transferului energetic între două sisteme sunt **lucrul mecanic** şi **căldura**.

1. Transferuri energetice prin lucru mecanic

a) Lucrul mecanic

Lucrul mecanic

Lucrul mecanic efectuat de o forță constantă, al cărei punct de aplicație se deplasează pe direcția şi în sensul ei, este o mărime fizică scalară, egală cu produsul dintre modulul forței, F, şi deplasarea, Δx, a punctului ei de aplicație:

$$L = F \cdot \Delta x$$

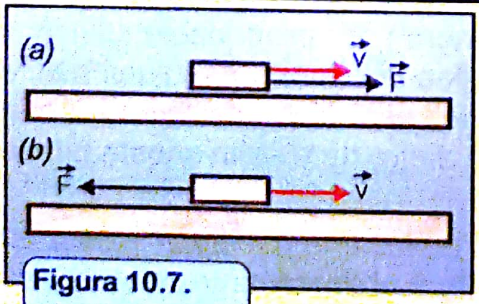


Figura 10.7.

Unitatea de măsură pentru lucrul mecanic este **joule**, simbol **J**. Ecuația unității de măsură este:

$$\langle L \rangle = \langle F \rangle \langle \Delta x \rangle = Nm = J$$

1 J reprezintă lucrul mecanic efectuat de o forță constantă de **1 N** care îşi deplasează punctul de aplicație, pe direcția şi în sensul ei, pe o distanță de **1 m**.

Lucrul mecanic efectuat de forțele care tind să mărească viteza corpului (*figura 10.7a*) este numit **lucru mecanic motor**. Lucrul mecanic motor se consideră **pozitiv**.

TEME DE SINTEZĂ 10

Scanned with OKEN Scanner

Lucrul mecanic efectuat de forțele care tind să micşoreze viteza corpului (*figura 10.7 b*) este numit **lucru mecanic rezistent**. Lucrul mecanic rezistent se consideră **negativ**.

b) Greutatea – forță conservativă. Energia potențială gravitațională

În *figura 10.8* este prezentată o bilă care se poate deplasa între două poziții (**1** şi **2**), aflate la cotele h_1, respectiv h_2, pe două drumuri diferite (a, b).

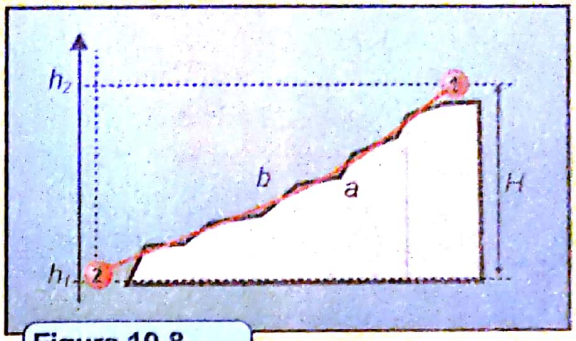


Figura 10.8.

Calculând lucrul mecanic efectuat de greutate în timpul deplasării corpului, aflăm pentru fiecare caz în parte acelaşi rezultat:

$$L = mg(h_1 - h_2).$$

Deci, indiferent de forma traiectoriei, lucrul mecanic efectuat de greutate are aceeaşi expresie. Astfel de forțe, care, la deplasarea unui corp între două puncte date, efectuează acelaşi lucru mecanic indiferent de drumul urmat, se numesc **forțe conservative**.

Lucrul mecanic efectuat de forțe conservative se poate scrie:

$$L = -\Delta E_p = E_{p1} - E_{p2}$$

unde E_p este energia potențială în punctul respectiv.

În cazul în care greutatea poate fi considerată o forță constantă şi alegând arbitrar valoarea zero a energiei potențiale gravitaționale în poziția față de care se raportează înălțimea la care se află un corp, energia potențială gravitațională are expresia:

$$E_p(h) = mgh$$

c) Forța elastică – forță conservativă. Energia potențială elastică

Calcularea lucrului mecanic folosind reprezentarea sa grafică este convenabilă mai ales pentru cazul forțelor care acționează pe direcția deplasării, iar modulul lor nu rămâne constant.

În *figura 10.9* sunt reprezentate graficele forței deformatoare care acționează asupra unui resort elastic de constantă *k* şi a forței elastice care se opune deformării. În timpul deplasării capătului liber al resortului între coordonatele $\mathbf{x_1}$ şi $\mathbf{x_2}$, forța elastică efectuează lucrul mecanic:

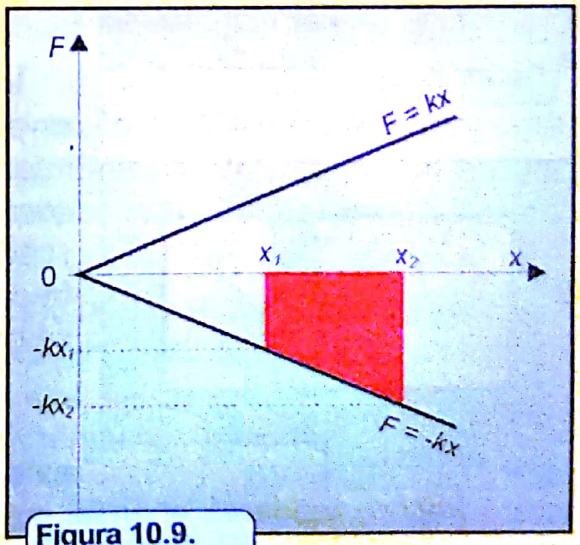


Figura 10.9.

$$L = \frac{1}{2}kx_1^2 - \frac{1}{2}kx_2^2 = -\Delta E_p$$

valoare care *nu depinde de stările intermediare prin care trece sistemul*. Ca urmare, şi forța elastică este o forță conservativă. Considerând nulă energia potențială elastică în poziția nedeformată a resortului, expresia energiei potențiale elastice este:

$$E_p(x) = \frac{1}{2}kx^2$$

TEME DE SINTEZĂ 10

Scanned with OKEN Scanner

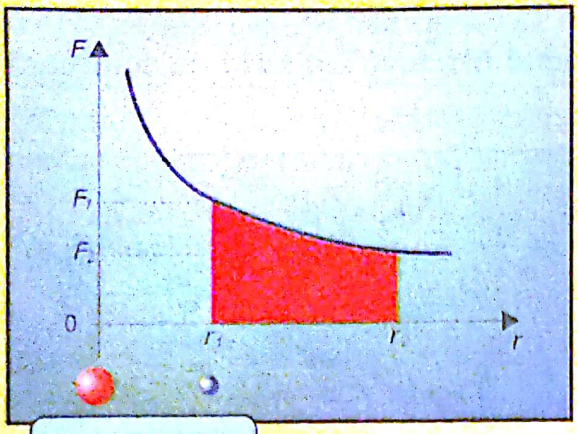


Figura 10.10.

d) Forța electrostatică – forță conservativă. Energia potențială electrostatică

Considerând sarcina electrică Q fixă, la deplasarea sarcinii q între coordonatele r_1 și r_2 (*figura 10.10*), forța electrostatică efectuează lucrul mecanic:

$$L = k\frac{Qq}{r_1} - k\frac{Qq}{r_2},$$

valoare care nu depinde de stările intermediare prin care trece sistemul. Ca urmare, și forța electrostatică este o forță conservativă:

$$L = -\Delta E_p$$

Considerând nulă energia potențială electrostatică acolo unde sarcinile nu mai interacționează (la infinit), expresia energiei potențiale electrostatice este:

$$E_p(r) = k\frac{Qq}{r}$$

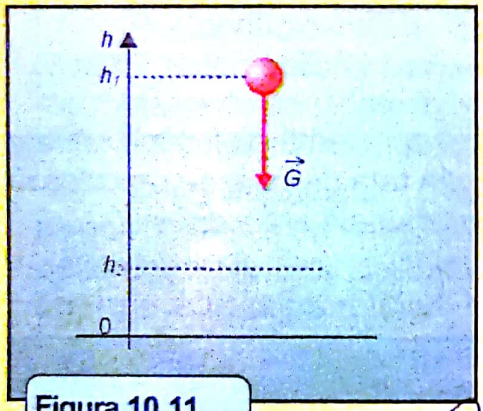


Figura 10.11.

e) Exemple de transfer energetic numai prin lucru mecanic. Conservarea energiei

Lăsând un corp să cadă liber de la o anumită înălțime, viteza sa crește (*figura 10.11*). Deplasarea corpului are loc pe direcția și în sensul greutății. Lucrul mecanic efectuat de greutate la deplasarea corpului între cotele h_1 și h_2 are valoarea:

$$L = G \cdot (h_1 - h_2) = mg \cdot (h_1 - h_2)$$

În sistemul corp – Pământ are loc un transfer energetic între componentele sistemului prin intermediul lucrului mecanic efectuat de greutatea corpului. Energia cinetică a corpului crește pe seama scăderii energiei potențiale gravitaționale. În absența frecărilor, energia totală a sistemului corp – Pământ se conservă:

$$E_p + E_c = \text{constant}$$

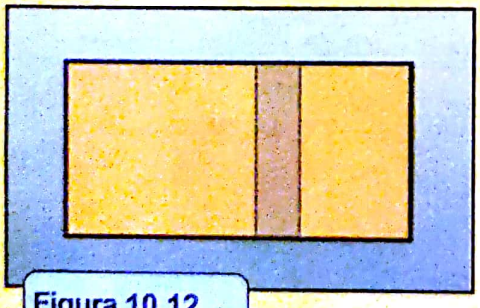


Figura 10.12.

În mod asemănător, comprimând un resort, mediul exterior resortului efectuează lucru mecanic. Dacă nu există frecări, scăderea energiei mediului exterior este egală cu creșterea energiei potențiale elastice a resortului. Energia sistemului resort – mediu exterior se conservă.

Pistonul din *figura 10.12* separă două mase de gaze aflate la presiuni diferite. Lăsând liber pistonul, energia sa cinetică se mărește pe seama scăderii energiei interne a celor două gaze. Dacă sistemul este izolat adiabatic față de exterior, atunci energia totală a întregului sistem se conservă.

TEME DE SINTEZĂ

10

Scanned with OKEN Scanner

Transferuri energetice prin căldură

a) Căldura

Căldura

Energia transferată între două sisteme aflate în contact termic, care are loc numai prin mişcarea dezordonată a moleculelor, se numeşte căldură.

Căldura (simbol Q) este o mărime fizică scalară. Este o mărime fizică de proces. Fiind un transfer de *energie*, ecuația unității de măsură în SI este:

$$\langle Q \rangle = \text{J},$$

aceeaşi ca şi în cazul energiei şi al lucrului mecanic.

b) Forme ale transferului de căldură

În funcție de natura corpurilor implicate în schimbul energetic şi de condițiile în care se realizează acesta, căldura se poate transmite prin:

- contact;
- conducție;
- convecție.

c) Producerea căldurii

Creşterea agitației termice a unui sistem şi, prin aceasta, apariția posibilității transferului energetic spre alte sisteme se pot realiza prin:

- *procese mecanice*. În urma frecării a două corpuri, energia transmisă la scară, macroscopică (prin lucru mecanic) poate fi regăsită în creşterea agitației termice a moleculelor sistemelor aflate în interacțiune.
- *reacții chimice*. Arderea unui combustibil (proces chimic de oxidare) reprezintă cea mai uzuală metodă de obținere a căldurii. Energia dezvoltată prin ardere duce la creşterea agitației termice a particulelor rezultate (a produselor de reacție).
- *procese electrice*. La trecerea curentului electric printr-un conductor metalic, se transmite energie electrică de la generator la electronii de conducție. Prin ciocniri, electronii transmit energia primită atomilor din structura metalului. Astfel, energia cinetică medie a acestora creşte, crescând şi temperatura conductorului (efect Joule).
- *procese nucleare*. Prin procesele de fisiune şi fuziune se eliberează energii uriaşe. Energia cinetică a produselor de reacție creşte enorm. Pentru a se putea utiliza, această energie, de obicei, este convertită în energie de agitație termică a unui alt sistem. Astfel, într-o centrală nucleară, energia de agitație termică a moderatorului creşte în urma ciocnirilor dintre produsele de reacție şi atomii moderatorului.

Scanned with OKEN Scanner

2. Puterea

Putem ordona două sau mai multe maşini folosind drept criteriu viteza cu care acestea efectuează lucru mecanic. În acest scop se defineşte **puterea mecanică**.

Putere

Puterea este mărimea fizică scalară definită de raportul dintre lucrul mecanic efectuat şi intervalul de timp în care a fost efectuat.

$$P = \frac{L}{\Delta t}$$

Unitatea de măsură pentru putere este **watt**, simbol **W**. Ecuația unității de măsură este:

$$\langle P \rangle = \frac{J}{s} = W$$

1 W reprezintă puterea mecanică dezvoltată de o maşină care efectuează un lucru mecanic de **1 J** în timp de **1 s**.

O unitate de măsură tolerată pentru putere este **calul putere**, simbol **CP**. 1 CP = 736 W. Unitatea, destinată inițial pentru a evalua câți cai (de putere medie) pot înlocui o maşină cu aburi, se mai foloseşte azi în special pentru exprimarea puterii motoarelor autovehiculelor.

Tabelul 10.2.

Puterea medie a unui om	70 W
Puterea maximă a unui sportiv	340 W
Puterea medie a unui cal	500 W
Autoturism Dacia	< 45 kW
Locomotivă cu aburi	< 1 500 kW
Locomotivă Diesel	< 3 000 kW

Atunci când forța nu este constantă (lucrul mecanic nu este proporțional cu intervalul de timp în care este efectuat), puterea calculată reprezintă o valoare medie.

Motorul oricărui automobil poate dezvolta o putere maximă specifică tipului constructiv. În timpul deplasării, puterea dezvoltată de motor este, de obicei, mai mică decât valoarea sa maximă. În *tabelul 10.2* sunt prezentate, pentru comparație, câteva valori pentru putere.

Atunci când se cunoaşte viteza de deplasare a punctului de aplicație al unei forțe, puterea dezvoltată de aceasta se poate calcula din relația: $P = F \cdot v$.

3. Randamentul

În timpul funcționării unui sistem trebuie învinse şi forțele de rezistență care, la rândul lor, efectuează lucrul mecanic rezistent L_f.

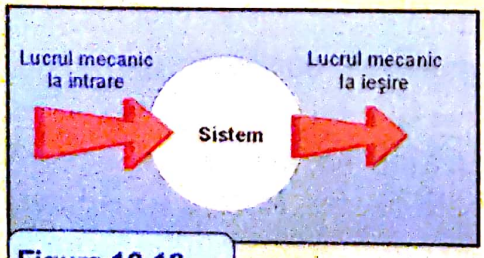


Figura 10.13.

Ca urmare, lucrul mecanic efectuat de sistem va fi:

$$L_1 = L_2 + |L_f|.$$

În relația anterioară am notat:

- L_1 – **lucrul mecanic** efectuat **la intrarea** în sistem, numit şi **lucru mecanic consumat** de sistem;
- L_2 – **lucrul mecanic** efectuat **la ieşirea** din sistem, numit şi **lucru mecanic util** (realizează, de exemplu, deplasarea unui corp). Lucrul mecanic consumat de sistem, notat L_c, este întotdeauna mai mare decât lucrul mecanic util, L_u:

$$L_c > L_u$$

TEME DE SINTEZĂ 10

Scanned with OKEN Scanner

Sistemele fizice utilizate pentru transferul de energie se pot caracteriza prin mărimea fizică numită randament. Randamentul unui sistem se notează de obicei cu η (litera grecească eta).

Randament

Randamentul unui sistem este egal cu raportul dintre lucrul mecanic util, L_u, şi lucrul mecanic consumat, L_c.

$$\eta = \frac{L_u}{L_c}.$$

Observaţii

1. Randamentul se utilizează cu predilecţie pentru caracterizarea sistemelor de tip „motor".
2. Randamentul este o mărime adimensională.
3. Randamentul este întotdeauna subunitar. De obicei, randamentul se exprimă în procente.
4. Ţinând cont de relaţia dintre putere şi lucrul mecanic, putem scrie:

$$\eta = \frac{P_u}{P_c}$$

Evident, un sistem care transformă diferite forme de energie este mai eficient dacă randamentul său are o valoare mai mare. Câteva valori din practică sunt înscrise în tabelul 10.3.

Tabelul 10.3.

Sistem	Randament
Motoare termice (autoturisme, vapoare etc.)	25 %
Motor electric	90 %
Transformator	95 %
Mecanisme simple	95 %
Generator electric (alternator)	98 %
Radiator electric	99 %

În cazul deplasării cu o bicicletă, lucrul mecanic motor este efectuat de ciclist, care acţionează asupra pedalelor, care, la rândul lor, îl transmit lanţului prin intermediul pedalierului (roata dinţată mare). Lanţul acţionează pinionul roţii. Roata poate efectua astfel lucru mecanic, permiţând înaintarea bicicletei. Tot acest sistem de transmisie duce la o pierdere de energie datorată frecărilor. În felul acesta, lucrul mecanic efectuat de ciclist (intrarea în sistem) nu se mai regăseşte în întregime la roată (ieşirea din sistem), iar randamentul sistemului este subunitar.

Asemănător, dar mai complicat, se petrec lucrurile şi în cazul autoturismului, unde transmisia se realizează de la pistoane la roţi prin intermediul unui sistem de biele, vilbrochen, cutie de viteze, ambreiaj, axe planetare, roată. Randamentul sistemului de transmisie la un autoturism este de aproximativ 80%. Ţinând cont şi de randamentul motorului termic, un autovehicul transformă în lucru mecanic util sub 20% din energia eliberată prin arderea combustibilului!

Observaţie

Atunci când transferul de energie între sursă şi consumator se realizează prin mai multe sisteme (*figura 10.14*), randamentul de transfer al energiei este egal cu *produsul randamentelor* fiecărui sistem:

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \ldots$$

Pentru a mări randamentul trebuie micşorate pierderile energetice.

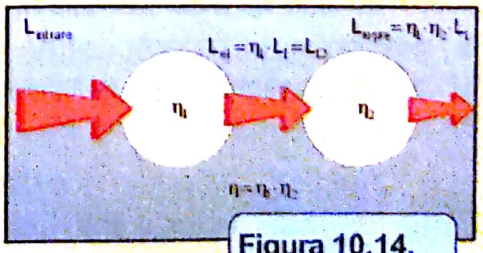


Figura 10.14.

Scanned with OKEN Scanner

10.3 Interacțiuni prin câmpuri

Interacțiunea magnetică. Câmpul magnetic

Așa cum ai aflat în clasa a VI-a, un magnet *acționează* asupra piliturii de fier aflate în apropierea sa.

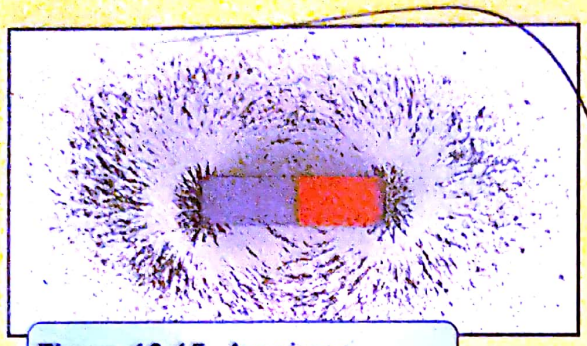


Figura 10.15. *Aranjarea piliturii de fier*

Experimentul 1

Materiale necesare

Un magnet în formă de bară, o folie transparentă (o bucată de geam), pilitură de fier, un ac magnetic mic (cu suport).

Mod de lucru

- Așază magnetul pe un suport orizontal și, deasupra lui, folia transparentă; presară pilitură de fier pe folie.
- Așază magnetul pe un suport și plasează acul magnetic la diferite distanțe de magnet.

Constatări

- Pilitura de fier se aranjează într-un anumit fel pe folia transparentă (*figura 10.15*).
- Pilitura de fier aflată mai aproape de magnet se așază mai „ordonat" decât cea aflată mai departe.
- În apropierea magnetului, acul magnetic este deviat de la direcția nord – sud.
- Orientarea acului magnetic este influențată mai puternic de magnet atunci când distanța dintre acul magnetic și magnet este mai mică.

Concluzii

- Magnetul acționează asupra piliturii de fier și asupra acului magnetic, deși *nu se află în contact* cu acestea.
- Acțiunea magnetului asupra piliturii de fier și asupra acului magnetic scade la creșterea distanței dintre magnet și acestea.

Aceste observații experimentale, precum și numeroase altele (de exemplu, interacțiunea electromagnetică) au condus la concluzia că *un magnet modifică proprietățile spațiului din jurul său*, fapt ce face ca unele corpuri aflate în spațiul respectiv să sufere acțiunea anumitor forțe. Această modificare a proprietăților spațiului este percepută ca existență a unei *entități fizice* cu proprietăți remarcabile:

- nu este vizibilă „cu ochiul liber" și, de fapt, *nu poate fi percepută cu nici unul dintre organele de simț ale omului*;
- *acționează* asupra unor corpuri aflate în zona respectivă.

În plus față de aceste observații directe, se constată că această *entitate fizică*:

- are (cel puțin) o proprietate ordonabilă: forțele pe care le generează pot fi mai mari sau mai mici;
- posedă energie.

Această *entitate fizică* este denumită **câmp magnetic**. Deci un magnet produce câmp magnetic în jurul său. Câmpul magnetic este mai *intens* în apropierea magnetului și mai puțin intens la distanțe mai mari.

Scanned with OKEN Scanner

Comparând proprietățile corpurilor asupra cărora acționează câmpul magnetic (pilitură de fier, ac magnetic, conductor parcurs de curent electric), se constată că există un element comun: toate aceste corpuri posedă sarcini electrice aflate în mișcare.

Câmp magnetic

Forma de existență a materiei caracterizată prin acțiuni exercitate asupra sarcinilor electrice aflate în mișcare se numește câmp magnetic.

Analiza dispunerii piliturii de fier (*figura 10.15*) din Experimentul 1 evidențiază că modificarea proprietăților spațiului constă și în apariția unor *direcții privilegiate* în spațiu (direcțiile pe care se așază pilitura de fier și acul magnetic). Acestor direcții li se poate atașa și un *sens* (acul magnetic se orientează, într-un punct dat, totdeauna *în același sens*).

Pentru reprezentarea intuitivă a acestor direcții privilegiate s-a convenit să se deseneze niște curbe care să aibă ca tangente, în fiecare punct al lor, direcțiile pe care se așază firele de pilitură de fier (*figura 10.16*). Sensul atașat este de la polul nord al magnetului spre polul sud al acestuia. Astfel de curbe sunt numite **linii de câmp**.

Documentar

Conceptul de „**materie**" este considerat, în general, ca fiind un concept filozofic fundamental. Filozofia materialistă consideră *materia* ca fiind *orice entitate a cărei existență este obiectivă.*

În fizică, conceptul de „*materie*" este asociat oricărei entități care posedă energie. Se consideră, în general, că materia se prezintă sub două forme: *substanță* și *câmp*.

De ce nu acționează câmpul magnetic asupra oricărei substanțe (oricărui corp)? În fier, curenții electrici echivalenți mișcării electronilor *nu se compensează între ei*, lucru care în alte substanțe se întâmplă.

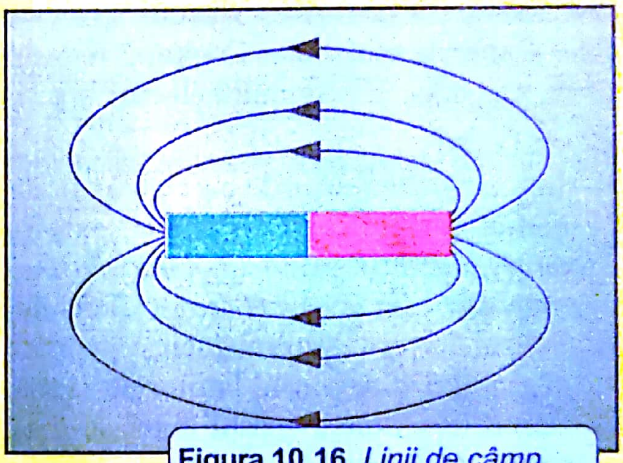


Figura 10.16. *Linii de câmp*

Experimentul 2

Ai la dispoziție o bobină mare, fără miez. Imaginează un experiment prin care să verifici că există câmp magnetic în interiorul bobinei. Cum trebuie desenate liniile de câmp din interiorul bobinei? Care este sensul lor în interiorul bobinei?

Constatări

- Există câmp magnetic și în interiorul bobinei.
- Liniile de câmp sunt aproximativ paralele (în interior).
- Sensul liniilor de câmp în interiorul bobinei este de la polul sud spre polul nord (folosește un mic ac magnetic, care să încapă în interiorul bobinei!).

Linia de câmp magnetic

Linia de câmp magnetic este o curbă închisă, care admite ca tangentă, în fiecare punct al său, direcția pe care se așază un ac magnetic mic, plasat în acel punct (direcția pe care se așază un fir de pilitură de fier). Sensul liniei de câmp este astfel încât ea iese din polul nord al magnetului (bobinei) și intră în polul sud al magnetului (bobinei).

Scanned with OKEN Scanner

Evident, prin orice punct al câmpului magnetic se poate desena o linie de câmp. Desenarea însă a *tuturor* liniilor de câmp ar conduce la „colorarea" întregii imagini şi deci nu s-ar mai atinge exact scopul pentru care sunt folosite: vizualizarea direcţiilor privilegiate din spaţiu. Prin convenţie, la desenarea liniilor de câmp sunt respectate următoarele condiţii:

- liniile de câmp *se desenează în număr mic*, astfel încât imaginea obţinută să fie sugestivă;
- *desimea* liniilor de câmp desenate trebuie să fie mai mare acolo unde câmpul este mai intens, adică se consideră că *desimea liniilor de câmp desenate este o reprezentare a intensităţii câmpului magnetic.*

Imaginea obţinută prin desenarea liniilor de câmp constituie **spectrul câmpului**.

Tema 1

Foloseşte un magnet în formă de potcoavă şi pilitură de fier pentru a pune în evidenţă direcţiile privilegiate ale câmpului magnetic. Identifică zonele în care câmpul este mai intens. Desenează apoi spectrul câmpului.

Experimentul 3

Reia Experimentul 1 din Capitolul 6. Pune în evidenţă legătura dintre orientarea liniilor de câmp magnetic, a curentului electric şi a forţei electromagnetice.

Constatări

- Indiferent de sensurile curentului şi ale liniilor de câmp, forţa electromagnetică este întotdeauna *perpendiculară pe conductor şi pe liniile de câmp magnetic* (din zona în care se află conductorul).
- Sensul forţei electromagnetice depinde de sensul curentului şi de sensul liniilor de câmp.
- Sensul curentului, sensul liniei de câmp şi sensul forţei electromagnetice determină un triedru drept.

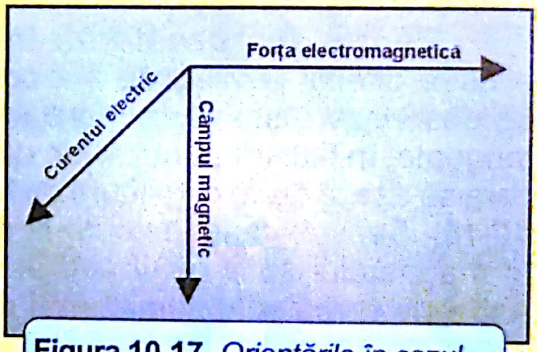


Figura 10.17. *Orientările în cazul din figura 6.2.1*

Concluzie

- Orientarea forţei electromagnetice depinde de orientarea curentului şi a liniilor de câmp.
- Orientarea forţei electromagnetice se poate găsi utilizând *regula burghiului*: se plasează un burghiu (drept) perpendicular pe planul determinat de conductor şi direcţia liniilor câmpului magnetic; se roteşte burghiul în sensul în care ar trebui rotită direcţia curentului pentru a ajunge (măturând unghiul cel mai mic) să aibă aceeaşi orientare cu a liniilor de câmp; sensul forţei electromagnetice coincide cu sensul de înaintare a burghiului (*figura 10.17*).

REŢINE!

- Interacţiunea magnetică se realizează prin intermediul câmpului magnetic.
- Câmpul magnetic este un sistem fizic caracterizat prin acţiuni exercitate asupra sarcinilor electrice în mişcare. Câmpul magnetic posedă energie.
- Câmpul magnetic poate fi reprezentat intuitiv cu ajutorul liniilor de câmp.
- Liniile câmpului magnetic sunt curbe închise; prin convenţie, sensul lor este de la polul nord spre polul sud în exteriorul magnetului şi de la polul sud spre polul nord în interiorul magnetului, iar desimea lor este o măsură a intensităţii câmpului.
- Curenţii electrici şi magneţii permanenţi produc câmp magnetic.

Scanned with OKEN Scanner

Interacțiunea electrostatică. Câmpul electrostatic

Din capitolul 4 ai aflat despre diferite *metode de electrizare*:

- prin frecare;
- prin contact;
- prin inducție

și că *sarcinile electrice*:

- pot fi pozitive sau negative;
- cu același semn se resping, iar cele care au semne diferite se atrag;
- interacționează cu forțe care scad la creșterea distanței dintre sarcini.

Ca și în cazul interacțiunii magnetice, se constată că și în cazul interacțiunii electrostatice se produc acțiuni „la distanță" asupra corpurilor electrizate. Se justifică astfel explicarea interacțiunii electrostatice prin presupunerea că fiecare sarcină produce în spațiul din jurul său un *câmp* care acționează asupra altor sarcini. Acest câmp este mai intens în apropierea sarcinii care îl produce și mai puțin intens la distanțe mai mari. Se explică astfel dependența forțelor de interacțiune de distanța dintre corpurile electrizate.

Câmp electric, câmp electrostatic

Forma de existență a materiei caracterizată prin acțiuni exercitate asupra sarcinilor electrice se numește câmp electric. Atunci când proprietățile câmpului electric rămân neschimbate în timp (de exemplu, când este produs de o sarcină aflată în repaus), el se numește câmp electrostatic.

Ca și în cazul câmpului magnetic, nici câmpul electric nu poate fi pus în evidență direct, cu ajutorul organelor de simț ale omului, ci *numai prin efectele produse prin acțiunile exercitate*.

Experimentul 4

Materiale necesare

O baghetă din material plastic, o bucată de postav, un număr mare de firișoare de păr tăiate foarte scurt, o bucată de geam.

Mod de lucru

- Electrizează bagheta prin frecare și plasează deasupra ei bucata de geam.
- Presară pe geam firișoarele de păr.

Constatări

- Firișoarele de păr se așază ordonat în apropierea baghetei, evidențiind existența unor direcții privilegiate în spațiu.
- Firișoarele aflate mai aproape de baghetă sunt mai „ordonate" decât cele aflate la distanță mai mare.
- Direcțiile privilegiate sunt radiale, în sensul că sunt orientate aproximativ perpendicular pe suprafața baghetei.

Concluzii

- Corpul electrizat produce o modificare a proprietăților spațiului din apropierea sa, adică produce *câmp*.
- Câmpul nu este observabil direct, cu organele noastre de simț, dar îl putem evidenția folosind corpuri corespunzătoare (mici, deoarece forțele sunt foarte mici).
- Câmpul este mai intens în apropierea *sursei câmpului* (bagheta electrizată).

Scanned with OKEN Scanner

Şi câmpul electric se reprezintă intuitiv folosind linii de câmp. Se respectă aceleaşi convenţii ca şi în cazul câmpului magnetic. Prin convenţie, sensul liniilor de câmp este *de la sarcini pozitive spre sarcini negative*.

Interacţiunea gravitaţională. Câmpul gravitaţional

Oricare două corpuri din Univers interacţionează prin forţe de atracţie. Descoperirea acestei interacţiuni (denumită **interacţiune gravitaţională** sau **interacţiune gravifică**) aparţine fizicianului englez Isaac Newton (1642-1727) şi este datată 1684. Deşi legenda spune că această idee i-a venit fizicianului pe când se întreba de ce cade un măr, se pare că aceasta a fost rezultatul unei perioade de analize profunde (lucrarea *Principiile matematice ale filosofiei naturale* – lucrare ce conţine cea mai mare parte din ceea ce astăzi numim *mecanică newtoniană* – o publicase în 1676).

Studiile ulterioare au confirmat nu numai aspectele calitative (*existenţa* acestei interacţiuni), ci şi aspectele cantitative (*valoarea* forţei de interacţiune) din afirmaţiile lui Newton. Bazându-se pe o serie de rezultate astronomice, Newton a afirmat că forţa de interacţiune gravitaţională este

- direct proporţională cu masa fiecărui corp care interacţionează;
- invers proporţională cu pătratul distanţei dintre cele două corpuri (presupunând că ambele corpuri sunt punctiforme, adică dimensiunile lor sunt neglijabile faţă de distanţa dintre ele).

Reunind aceste constatări, Newton a afirmat că: $F = K\frac{m_1 m_2}{r^2}$

în care
- m_1 şi m_2 sunt masele celor două corpuri;
- r este distanţa dintre cele două corpuri;
- K este o constantă universală (aceeaşi pentru oricare două corpuri din Univers), numită **constanta atracţiei gravitaţionale**.

Constanta atracţiei gravitaţionale are o valoare foarte mică ($K = 6{,}67 \cdot 10^{-11} Nm^2kg^{-2}$), ceea ce face ca forţa de atracţie să aibă efecte observabile doar dacă:

- cel puţin unul dintre corpuri are masa foarte mare (corp cosmic: planetă, stea); de exemplu, greutatea este forţa de interacţiune gravitaţională pe care Pământul o exercită asupra oricărui corp aflat în apropierea sa;
- distanţele sunt extrem de mici; această situaţie există doar în stele ajunse într-un anumit stadiu al evoluţiei, în care nucleele sunt „strivite" practic de forţele gravitaţionale.

Interacţiunea gravitaţională se datorează faptului că orice corp produce în jurul său **câmp gravitaţional** (**câmp gravific**). Liniile de câmp ale acestuia sunt *radiale*, fiind orientate *spre* corpul care constituie sursa câmpului.

Interacţiunea nucleară. Câmpul nuclear

Particulele componente ale nucleului atomic interacţionează prin forţe foarte mari. Aceste forţe sunt numite **forţe nucleare** şi sunt o măsură a **interacţiunii nucleare**. Această interacţiune se realizează prin intermediul **câmpului nuclear**. Acest câmp:

- reuşeşte să „învingă" forţele de respingere electrostatică dintre protoni;
- acţionează asupra tuturor nucleonilor în acelaşi mod, indiferent dacă aceştia au sarcină electrică (protonii) sau dacă nu au (neutronii);
- acţionează doar asupra nucleonilor aflaţi la distanţe de ordinul dimensiunilor nucleare; la distanţe mai mari, acţiunea câmpului nuclear este complet neglijabilă.

REŢINE!

Interacţiunea dintre două corpuri se poate face **prin contact** nemijlocit sau „la distanţă". În acest al doilea caz, interacţiunea se realizează prin intermediul unui **câmp** specific interacţiunii respective. Astfel, fiecare dintre cele două corpuri produce un câmp care acţionează asupra celuilalt corp.

TEME DE SINTEZĂ 10

Scanned with OKEN Scanner

11. DICȚIONAR

activitate mărime fizică scalară, derivată; este definită prin relația: $A = \frac{N}{\Delta t}$, în care N este numărul de dezintegrări produse în intervalul de timp Δt; unitatea de măsură este **becquerel** (simbol **Bq**).

agitație termică mișcare efectuată de molecule și particule submoleculare (atomi, electroni etc.); este o mișcare: a) spontană și permanentă, b) haotică, c) se caracterizează prin energii cinetice mai mari la temperaturi mai mari.

apă grea apă având molecula formată dintr-un atom de oxigen și doi atomi al izotopului ${}^{2}_{1}H$ (deuteriu).

capacitate calorică coeficient caloric ce caracterizează un corp; definită prin relația: $C = \frac{Q}{\Delta T}$, în care Q este căldura primită de corp în cursul unui proces, iar ΔT este variația de temperatură din acel proces. Unitatea de măsură este $\frac{J}{K}$.

căldură mărime fizică scalară, derivată; caracterizează procesele fizice; este energia transferată între două corpuri prin ciocniri ale particulelor aflate în agitație termică (prin contact termic); unitatea de măsură este (ca pentru orice energie) **joule** (simbol **J**).

căldură latentă căldura primită (cedată) de un corp în cursul unei transformări de stare de agregare; unitatea de măsură este joule (simbol **J**).

căldură latentă specifică mărime fizică scalară, derivată; caracterizează substanța care suferă o transformare de stare de agregare; este definită prin relația: $\lambda = \frac{Q}{m}$, în care Q este căldura latentă iar m este masa corpului care suferă transformarea de stare de agregare; unitatea de măsură este $\frac{J}{kg}$.

căldură specifică coeficient caloric ce caracterizează substanța; definită prin relația: $c = \frac{Q}{m\Delta T}$, în care Q este căldura primită de corp în cursul unui proces, ΔT este variația de temperatură din acel proces, iar m este masa corpului; unitatea de măsură este $\frac{J}{kgK}$.

câmp electric formă de existență a materiei caracterizată prin acțiuni exercitate asupra sarcinilor electrice.

câmp gravitațional formă de existență a materiei caracterizată prin acțiuni exercitate asupra oricărui corp.

câmp magnetic formă de existență a materiei caracterizată prin acțiuni exercitate asupra sarcinilor electrice în mișcare (curenți electrici, electromagneți etc.) și a magneților permanenți.

condensor dispozitiv optic, parte a sistemului de iluminare a instrumentelor optice (microscop, aparat de proiecție etc.); permite obținerea unei iluminări uniforme a obiectului.

conductor electric substanță/corp ce permite trecerea curentului electric; opoziția manifestată la trecerea curentului electric există, dar este foarte mică.

conductor termic substanță/corp ce permite transferul căldurii; opoziția manifestată la propagarea căldurii există, dar este foarte mică.

conducție (1) formă a transferului de căldură; se realizează prin transferul de energie de agitație termică, din aproape în aproape, într-un corp; se realizează în special prin electroni liberi. (2) formă a curentului electric; curentul electric de conducție constă în deplasarea (ordonată) a electronilor (în metale), a ionilor (în electroliți lichizi) și a electronilor și ionilor (în gaze).

curent electric fenomen fizic; constă în mișcarea ordonată a purtătorilor de sarcină electrică; poate fi **curent de conducție**, **curent de convecție**.

deuteriu izotop al hidrogenului; nucleul atomic conține un proton și un neutron.

dezintegrare α desfacere a unui nucleu atomic în două fragmente, dintre care unul este o particulă a; nucleul rămas are Z (numărul atomic) mai mic cu două unități și A (numărul de masă) mai mic cu patru unități.

Scanned with OKEN Scanner

dezintegrare β — desfacere a unui nucleu atomic în două fragmente, dintre care unul este un electron; nucleul rămas are Z (numărul atomic) mai mare cu o unitate şi A (numărul de masă) neschimbat.

dezintegrare γ — emiterea de energie sub formă de radiaţie electromagnetică de către nucleul atomic; în cursul procesului, Z (numărul atomic) şi A (numărul de masă) rămân neschimbate.

difuzie — fenomen datorat agitaţiei termice; constă în pătrunderea moleculelor unui corp printre moleculele altui corp.

efect Joule — efectul termic al curentului electric.

efect magnetic al curentului electric — fenomen fizic; constă în producerea unui câmp magnetic de către un circuit electric parcurs de curent electric.

efect termic al curentului electric — fenomen fizic; constă în încălzirea conductoarelor parcurse de curent electric, ceea ce determină un transfer de energie sub formă de căldură de la conductor spre mediul înconjurător (dacă temperatura conductorului este mai mare decât temperatura mediului înconjurător).

electrizare — fenomen fizic; trecerea unui corp neutru din punct de vedere electric într-o stare în care fie sarcina lui totală este nenulă (electrizare prin frecare sau prin contact), fie în diferite porţiuni ale sale nu mai este neutru (electrizare prin influenţă).

electroliză — fenomen fizic datorat trecerii curentului electric prin electroliţi; constă în deplasarea ionilor spre electrozi, urmată de neutralizarea acestora.

energie electrică — energia furnizată unei porţiuni de circuit sau unui circuit întreg, prin intermediul câmpului electric, de către unul sau mai multe generatoare electrice.

fisiune nucleară — reacţie nucleară care constă în desfacerea unui nucleu atomic în două sau mai multe fragmente.

forţe nucleare — forţe de interacţiune între nucleoni (protoni, neutroni).

frecvenţă — mărime fizică scalară, derivată; numeric egală cu numărul de perioade cuprins în unitatea de timp.

fuziune nucleară — reacţie nucleară care constă în formarea unui nucleu prin unirea a două nuclee sau particule nucleare.

heliostat — instrument optic a cărui orientare este comandată de un sistem automat ce menţine fasciculul de lumină solară reflectat pe aceeaşi direcţie.

inducţie electromagnetică — fenomen care constă în apariţia unui curent electric indus sau a unei tensiuni electromotoare induse, într-un circuit electric aflat, în general, într-un câmp magnetic variabil.

intensitate a curentului electric — mărime fizică fundamentală în SI; este o măsură a debitului de sarcină electrică; unitatea de măsură pentru intensitate se numeşte **amper**.

izolator electric — substanţă/corp ce nu permite trecerea curentului electric; în realitate, orice corp permite trecerea curentului, dar, în cazul izolatoarelor electrice, opoziţia manifestată la trecerea curentului electric este foarte mare.

izolator termic — substanţă/corp ce nu permite transferul de căldură; în realitate, orice corp permite transferul de căldură, dar, în cazul izolatoarelor termice, opoziţia manifestată la propagarea căldurii este foarte mare.

kelvin — unitate de măsură pentru temperatură; 1 K este fracţiunea $\frac{1}{273,16}$ din temperatura stării triple a apei (stare în care se află în echilibru toate cele trei stări de agregare ale apei); parametrii stării triple a apei sunt: presiunea de 610 Pa (≅ 0,006 atm ≅ 4,6 torr) şi temperatura de 273,16 K (= 0,01°C).

manometru — dispozitiv utilizat pentru măsurarea presiunii.

mărime derivată — mărime fizică definită pe baza mărimilor fundamentale sau a altor mărimi derivate, definite anterior.

mişcare browniană — fenomen datorat agitaţiei termice; constă în mişcarea dezordonată a unor particule microscopice, aflate în suspensie într-un fluid.

Scanned with OKEN Scanner

obiectiv sistem optic ce echipează diferite instrumente optice (aparat fotografic, microscop, lunetă etc.); este un sistem convergent care se află la extremitatea dinspre obiect a instrumentului optic.

ocular sistem optic ce echipează diferite instrumente optice (aparat fotografic, microscop, lunetă etc.); se află la extremitatea dinspre ochi a instrumentului optic.

perioadă mărime fizică scalară; durata minimă după care un fenomen se repetă.

presiune mărime fizică scalară, derivată; caracterizează apăsarea exercitată de o forță pe o suprafață; este definită prin relația: $p = \frac{F}{S}$, în care F este forța ce acționează pe suprafață, iar S este aria suprafeței; se presupune că F este uniform distribuită pe întreaga suprafață S și este perpendiculară pe suprafață în fiecare punct al acesteia. Unitatea de măsură pentru presiune se numește **pascal** (simbol **Pa**).

presiune aerostatică presiune datorată greutății unui gaz

presiune atmosferică presiune datorată atmosferei

presiune hidrostatică presiune datorată greutății unui lichid

profunzimea câmpului intervalul de distanțe în care se poate afla un obiect în fața unui instrument optic (aparat fotografic, lunetă etc.), astfel încât imaginea sa să fie clară.

putere calorică mărime fizică scalară, derivată; caracterizează un combustibil (substanța) din punct de vedere al energiei pe care o poate furniza prin ardere; este definită prin relația: $q = \frac{Q}{m}$, în care Q este căldura produsă prin arderea completă a unei cantități de combustibil cu masa m; unitatea de măsură este $\frac{J}{kg}$.

putere electrică mărime fizică scalară, derivată; măsură a debitului transferului de energie electrică spre o porțiune de circuit sau spre întregul circuit electric; se definește prin relația: $P = \frac{W}{\Delta t}$, în care W este energia electrică furnizată porțiunii respective de circuit în intervalul de timp Δt; unitatea de măsură este **watt** (simbol **W**).

radiație α flux de particule emise de nucleul atomic; structură identică nucleului de heliu: doi protoni și doi neutroni.

radiație β flux de particule emise de nucleul atomic; electroni.

radiație γ radiație emisă de nucleul atomic; radiație electromagnetică de energie foarte mare.

radiații X radiații electromagnetice produse prin frânarea unor electroni rapizi la pătrunderea într-un metal.

randament mărime fizică scalară, derivată; este definit prin relația: $\eta = \frac{W_{utilă}}{W_{consumată}}$, în care $W_{utilă}$ este energia utilă produsă de un sistem fizic căruia i s-a furnizat energia $W_{consumată}$; $W_{utilă}$ trebuie să fie *o parte* din $W_{consumată}$; este o mărime adimensională și totdeauna subunitară; energiile transferate pot fi sub orice formă.

reactor nuclear sistem în care se produc controlat reacții nucleare, de obicei cu scopul de a obține energie termică și, pe baza acesteia, energie electrică.

reacție în lanț reacție provocată, la care produsele de reacție produc alte reacții; într-un sistem în care se produc reacții în lanț, „debitul" reacțiilor poate crește foarte repede.

reacție nucleară proces care constă în modificarea structurii nucleului atomic.

rezistență electrică mărime fizică scalară, derivată; măsură a opoziției manifestate de o porțiune de circuit la trecerea curentului electric; se definește prin relația: $R = \frac{U}{I}$, în care U este tensiunea aplicată la capetele porțiunii respective de circuit (la bornele dipolului), iar I este intensitatea curentului produs de U; unitatea de măsură este **ohm** (simbol **Ω**).

sarcină electrică mărime fizică scalară, derivată; măsură a electrizării unui corp; poate fi pozitivă sau negativă; în SI este o mărime derivată, definită prin relația: $Q = I \cdot \Delta t$, în care Q este sarcina electrică ce trece printr-o secțiune transversală a unui conductor care este parcurs de un curent de intensitate I într-un interval de timp Δt; unitatea de măsură este **coulomb** (simbol **C**).

Scanned with OKEN Scanner

SI — Sistemul Internațional; sistem de mărimi și unități de măsură, utilizat în prezent în marea majoritate a țărilor; este format din două grupe de mărimi și unități de măsură: mărimi/unități fundamentale și mărimi/unități derivate.

sunet — oscilații care se propagă prin gaze, lichide sau solide, cu frecvența cuprinsă între 16 Hz și 20 000 Hz.

temperatură — mărime fizică scalară, fundamentală în SI; este o măsură a intensității agitației termice a particulelor componente ale corpului (expresie a energiei cinetice medii de agitație termică); unitatea de măsură este **kelvin** (simbol **K**); există *scări tolerate* în SI, dintre care cele mai utilizate sunt: scara Celsius (cu unitatea de măsură **grad Celsius** – simbol **°C**) și scara Fahrenheit (cu unitatea de măsură **grad Fahrenheit** – simbol **°F**).

tensiune electrică — mărime fizică scalară, derivată; tensiunea electrică dintre două puncte ale unui circuit electric (dintre două puncte ale unui câmp electric) este o măsură a energiei pe care o poate transfera câmpul electric unei sarcini care se deplasează între cele două puncte; se definește prin relația: $U = \frac{W}{Q}$, în care W este energia utilizată pentru transportul sarcinii Q între cele două puncte ale câmpului.

tensiune electromotoare — mărime fizică scalară, derivată; caracteristică a generatoarelor electrice; se definește prin relația: $E = \frac{W_{gen}}{Q}$, în care W_{gen} este energia utilizată pentru transportul sarcinii Q pe întregul circuit; unitatea de măsură este **volt** (simbol **V**).

tensiune interioară — tensiune electrică; ea caracterizează funcționarea unui generator într-un circuit electric; se definește prin relația: $u = \frac{W_{int}}{Q}$, în care W_{int} este energia utilizată pentru transportul sarcinii Q pe porțiunea interioară a generatorului; unitatea de măsură este **volt** (simbol **V**).

tensiune la borne — tensiune electrică; măsură a energiei furnizate de câmpul electric circuitului exterior; se definește prin relația: $U_b = \frac{W_{ext}}{Q}$ în care W_{ext} este energia utilizată pentru transportul sarcinii Q pe porțiunea exterioară a generatorului; unitatea de măsură este **volt** (simbol **V**).

Scanned with OKEN Scanner

12. REZULTATE

Capitolul 1

Pagina 7

1. 4 900 Pa;

2. $p = \frac{mg}{S} = \rho gh = 490$ Pa. Nu. Nu.

3. a) $F_n = F\cos\alpha = 30N$; $F_t = F\sin\alpha = 51{,}79N$

   b) $p = \frac{F_n}{S} = 250$ N

4. $p = \frac{mg\cos\alpha}{S} = \rho gh\cos\alpha = 6612$ Pa

5. a) $p_1 = 100$ Pa; $h_1 = \frac{p_1}{\rho g} = 12{,}5$ mm

   $p_2 = 160$ Pa; $h_2 = \frac{p_2}{\rho g} = 20$ mm

   b) $Q_m = \frac{\Delta m}{\Delta t} = \frac{\rho S\Delta h}{\Delta t} = 0{,}8\frac{dm^3}{s}$

   c) $v = 0{,}05\frac{mm}{s}$

Pagina 11

3. a) $\Delta h = 2$ cm; b) $h' = 8$ cm.
4. a) grafic 1 – ulei, grafic 2 – apă
   b) 9 800 Pa; 7 840 Pa.

   c) $\rho = \frac{p}{hg} \Rightarrow \rho_{apă} \cong 1000\frac{kg}{m^3}$ şi $\rho \cong 784\frac{kg}{m^3}$

5.

Pagina 15

2. Manometru diferenţial; p = 3 atm.

h (m)	p (Pa)
10	$2\cdot10^5$
15	$2{,}5\cdot10^5$
25	$3{,}5\cdot10^5$
35	$4{,}5\cdot10^5$

Pagina 19

5. a) $F = f\frac{S}{s} = 10000N$; b) Nu.

   c) Dacă nivelul lichidului este mai ridicat în vasul cu diametrul mai mic,

$$\frac{f}{s} + \rho gh = \frac{F}{S} \Rightarrow F = f\frac{S}{s} + \rho ghS \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta F = \rho ghS = 156{,}8N$$

Dacă nivelul lichidului este mai ridicat în vasul cu diametrul mai mare,

$$\frac{f}{s} = \frac{F}{S} + \rho gh \Rightarrow F = f\frac{S}{s} - \rho ghS \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta F = -\rho ghS = -156{,}8\,N$$

Pagina 26

1. a) $F_A = \rho g\ell^3 = 5{,}88N$

   b) $F = F_A - G \Rightarrow F = (\rho_a - \rho_1)g\ell^3 = 3{,}92\,N$;
   forţă orientată vertical în sus

   c) $G = F_{A1} \Rightarrow \rho_1 g\ell^3 = \rho_a g\ell^2 h \Rightarrow$

   $\Rightarrow h = \frac{\rho_1}{\rho_a}\ell = 6$ cm

3. a) $V = \frac{m}{\rho_2} = 25{,}9\ cm^3$.

   b) $V_g = V - \frac{m}{\rho_1} = 3{,}68\ cm^3$.

5. a) $\Delta T = G - (G - F_A) \Rightarrow \Delta T = F_A = 0{,}126N$

   b) $\Delta h = \frac{V}{S} \Rightarrow \Delta h = \frac{m}{S\rho} = 12{,}82$ mm

   c) $\Delta F = \rho_a gS\Delta h = 125{,}64$mN.

6. a) vezi figura 12.1.

$$\rho_1 g\ell^3 = \rho_a g\ell^2(\ell - x) + \rho_2 g\ell^2 x \Rightarrow$$

$$\Rightarrow x = \ell\frac{\rho_a - \rho_1}{\rho_a - \rho_2} = 4\,cm$$

   b) $p\ell^2 = G \Rightarrow p = \frac{G}{\ell^2} \Rightarrow p = \rho_1 g\ell = 705{,}6$ Pa

   c) $F = F_{ulei} + F_{apă}$; $F_{ulei} = p_{m,ulei} \cdot x \cdot \ell$;
   $F_{apă} = p_{m,apă}(\ell - x)\ell$

Scanned with OKEN Scanner

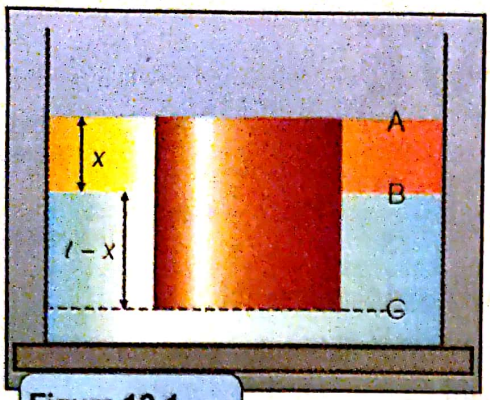


Figura 12.1.

$$p_{m,ulei} = \frac{p_A + p_B}{2};\ p_{m,apă} = \frac{p_B + p_C}{2};$$

$p_A = 0;\quad p_B = \rho_2 \cdot g \cdot x \Rightarrow p_B = 272{,}2\,Pa;$

$p_C = 705{,}6Pa;\ F = 31{,}3N$

7. $G_{aparent1} = G_{aparent2} \Rightarrow m_1\left(1 - \frac{\rho_{aer}}{\rho_1}\right) = m_2\left(1 - \frac{\rho_{aer}}{\rho_2}\right)$

$$\frac{\Delta m}{m_1} = 1 - \frac{m_2}{m_1} \Rightarrow \frac{\Delta m}{m_1} = 1 - \frac{(\rho_2 - \rho_{aer})\rho_1}{(\rho_1 - \rho_{aer})\rho_2} = 0{,}2\%$$

Pagina 31

2. $\Delta t \cong 0{,}3$ s

3. $\Delta x = 2720m$

4. $h \cong 510m$

Capitolul 2

Pagina 43

6. $c = \frac{c_1 + c_2 + c_3}{3}$

7. $V(\rho_1 + \rho_2 + \rho_3)c\Delta t =$

$= \rho_1 Vc_1\Delta t + \rho_2 Vc_2\Delta t + \rho_3 Vc_3\Delta t \Rightarrow$

$\Rightarrow c = \frac{\rho_1 c_1 + \rho_2 c_2 + \rho_3 c_3}{\rho_1 + \rho_2 + \rho_3}$

14. a) 10 min;
b) $m_1/m_2 = 1$;
c) 25 min;
d) 35min;
e) mai mică decât 293 K.

19. m_1=5kg; m_2=15 kg.

20. $t = \frac{t_1 + t_2}{2}$

21. $t = 30\ ^\circ C$

22. 10°C; 12 °C

23. $t = 85\ ^\circ C$ sau $T = 358$ K

24. 20 °C

25. Temperatura finală fiind 60°C, indiferent de cantitatea de lichid cu această temperatură turnată în amestec, temperatura rămâne aceeaşi. Idem.

Capitolul 3

Pagina 57

3. $m_1c_a(t_1 - t) = m_2\lambda_g + m_2c_a(t - t_0)$

$$\Rightarrow t = \frac{(m_1t_1 + m_2t_0)c_a - m_2\lambda_g}{(m_1 + m_2)c_a} \Rightarrow t = 20\ ^\circ C.$$

Capitolul 4

Pagina 65

1. a) $1{,}28 \cdot 10^{-18}$ C; **b)** $-1{,}28 \cdot 10^{-18}$ C; **c)** 0;
d) $1{,}47 \cdot 10^{-17}$ C; $-1{,}47 \cdot 10^{-17}$ C

2. a) pozitiv; **b)** negativ; **c)** $3{,}2 \cdot 10^{-19}$ C;
$-1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C; **d)** 3 450

Pagina 71

1. a) respingere; **b)** F = 0,027 N;
c) Deoarece q_1 şi q_2 au acelaşi semn, q_3 trebuie plasată pe dreapta determinată de cele două sarcini, *între* ele. Notând cu a şi b distanţele de la q_3 la q_1, respectiv de la q_3 la q_2, rezultă:

$$\begin{cases} k\frac{|q_1q_3|}{a^2} = k\frac{|q_2q_3|}{b^2} \\ a + b = d \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \frac{\sqrt{q_1}}{a} = \frac{\sqrt{q_2}}{b} \\ a + b = d \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} a = d\frac{\sqrt{q_1}}{\sqrt{q_1} + \sqrt{q_2}} = 0{,}366\ m \\ b = d\frac{\sqrt{q_2}}{\sqrt{q_1} + \sqrt{q_2}} = 0{,}634\ m \end{cases}$$

Se observă că aceste rezultate sunt adevărate indiferent de valoarea sarcinii q_3 (evident, nenulă).
d) Deoarece q_2 este pozitivă şi deci *respinge* sarcina q_1, q_3 trebuie să *atragă* sarcina q_1, adică trebuie să fie negativă. Rezultă:

$$k\frac{|q_1q_3|}{a^2} = k\frac{|q_1q_2|}{d^2} \Leftrightarrow |q_3| = q_2\left(\frac{a}{d}\right)^2$$

$$\Rightarrow q_3 = -q_2\left(\frac{a}{d}\right)^2 = -0{,}4\ \mu C$$

Scanned with OKEN Scanner

$$\Rightarrow q_3 = -q_2\left(\frac{a}{d}\right)^2 = -0{,}4\ \mu C$$

e) Se verifică dacă relația $k\frac{|q_1q_2|}{d^2} = k\frac{|q_3q_2|}{b^2}$ este adevărată. Înlocuind pe q_3 și pe b cu expresiile găsite anterior, se observă că relația este adevărată, deci q_2 este în echilibru.

2. a) Conform *figurii 12.2* rezultă:

$$F_1 = F_3 = k\frac{q^2}{d^2} \Rightarrow F_{13} = k\frac{q^2}{d^2}\sqrt{2};\ F_2 = k\frac{q^2}{2d^2};$$

Deoarece $\vec{F}_{13} \parallel \vec{F}_2$, rezultanta forțelor are direcția diagonalei pătratului și modulul:

$$F = F_{13} + F_2 = k\frac{q^2}{d^2}\left(\sqrt{2} + \frac{1}{2}\right) = 1{,}72\text{N}$$

b) Cele patru sarcini determină un dreptunghi

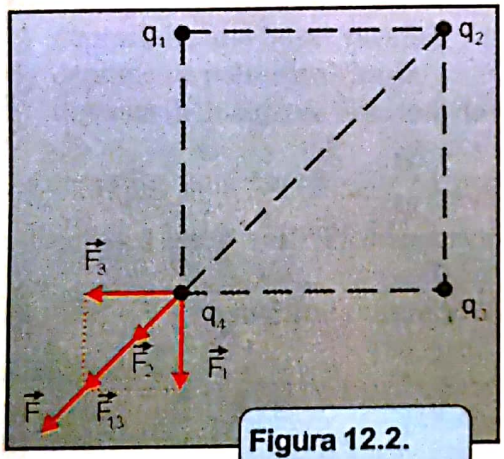


Figura 12.2.

cu laturile d și, respectiv:

$$d' = \sqrt{\left(\frac{d}{2}\right)^2 + \left(\frac{d}{2}\right)^2} = \frac{d}{\sqrt{2}}.$$

Cele trei forțe care acționează asupra sarcinii q_4 sunt (*figura 12.3*):

$$\begin{cases} F_1 = k\dfrac{q^2}{\frac{d^2}{2}} = k\dfrac{q^2}{d^2}\cdot 2 \\ F_2 = k\dfrac{q^2}{d^2 + \frac{d^2}{2}} = k\dfrac{q^2}{d^2}\cdot\dfrac{2}{3} \\ F_3 = k\dfrac{q^2}{d^2} \end{cases}$$

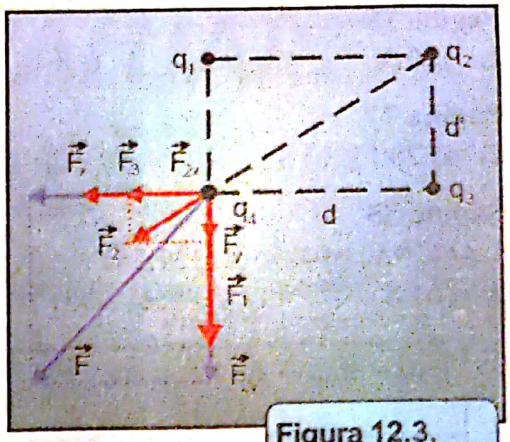


Figura 12.3.

Proiectând aceste forțe pe axele Ox și Oy se obține:

$$\begin{cases} F_x = F_3 + F_{2x} \\ F_y = F_1 + F_{2y} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} F_x = F_3 + F_2\cdot\cos\alpha \\ F_y = F_1 + F_2\cdot\sin\alpha \end{cases}$$

în care:
$$\begin{cases} \sin\alpha = \dfrac{\frac{d}{\sqrt{2}}}{\sqrt{d^2 + \left(\frac{d}{\sqrt{2}}\right)^2}} = \dfrac{1}{\sqrt{3}} \\ \cos\alpha = \dfrac{d}{\sqrt{d^2 + \left(\frac{d}{\sqrt{2}}\right)^2}} = \sqrt{\dfrac{2}{3}} \end{cases}$$

Făcând înlocuirile, rezultă:

$$\begin{cases} F_x = k\dfrac{q^2}{d^2}\left(\dfrac{2}{3}\sqrt{\dfrac{2}{3}} + 1\right) \\ F_y = k\dfrac{q^2}{d^2}\left(\dfrac{2}{3\sqrt{3}} + 2\right) \end{cases}$$

Deoarece $F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$, rezultă $F = 2{,}56$ N

c) Deoarece, în acest caz, $\vec{F}_1 + \vec{F}_3 = 0$, rezultanta este dată numai de $\vec{F}_2$, adică:

$$F = k\frac{q^2}{\left(d\frac{\sqrt{2}}{2}\right)^2} = k\frac{q^2}{d^2}\cdot 2 = 1{,}8\text{ N}$$

Scanned with OKEN Scanner

Pagina 75

1. 120 A

Pagina 77

1. **a)** 200 J; **b)** 5 s

Pagina 85

1. **a)** 120 C; **b)** 4356 J; **c)** 31,5 Ω
2. **a)** $64{,}8 \cdot 10^6$ J = 18 kWh; **c)** $2{,}95 \cdot 10^5$ C
3.

Consumator	R (Ω)	I (A)	Verificare $U = RI$
Bec	28,8	0,833	24
Bec	806,67	0,273	20
Radiator	24,2	9,09	220
Reşou	48,4	4,545	220
Fier de călcat	60,5	3,636	220
Televizor	242	0,909	220

5. **a)** 880 W; **b)** 105,6 kWh; **c)** 88 kWh
6. **a)** $P = \frac{U^2}{R} \Rightarrow R_1 = \frac{U^2}{P_1} = 6\ \Omega;\ I_1 = 1\text{A}$

   b) $U_2 = 4$ V; $P_2 = 8$ W
7. $\eta = \frac{\rho V c(\theta_f - \theta_0)}{\frac{U^2}{R}\Delta t} = 0{,}75 = 75\%$

Pagina 87

2. **a)** 0,1 N; **b)** 0,2 N;
   c) se măreşte; rămâne la fel.

Capitolul 5

Pagina 105

3. **a)** $U_1 = R_1 I_2 \Rightarrow U_1 = 2$ V
   b) $I_4 = I_2 - I_3 \Rightarrow I_4 = 0{,}5$ A
   c) $U_4 = R_4 I_4 \Rightarrow U_4 = 2{,}5$ V
   d) $E_2 = -I_3 R_3 + R_4 I_4 \Rightarrow E_2 = 1$ V
4. **a)** $I_1 = 0{,}125$ A; $I_2 = 0{,}5$ A; $I = 0{,}375$ A
   b) $P = 0{,}84$ W

Pagina 113

6. U = 6 V
7. I = 2 A
8. I = 450 mA
9. 3 V; 30 mA
10. Nu.
11. Nu

Scanned with OKEN Scanner

13. TESTE DE EVALUARE SEMESTRIALĂ

Semestrul I

1. În Sistemul Internațional, unitatea de măsură pentru presiune este:
a) N;
b) Pa;
c) torr;
d) atm;
e) at.

2. Presiunea hidrostatică:
a) se referă numai la presiunea exercitată de o coloană de apă;
b) nu depinde de natura lichidului;
c) depinde de aria bazei vasului;
d) depinde de înălțimea vasului;
e) depinde de înălțimea coloanei de lichid.

3. La suprafața unui lac ($g = 10\frac{N}{kg}$), presiunea atmosferică este $p_0 = 10^5$ Pa. În interiorul apei ($\rho = 10^3 \frac{kg}{m^3}$), presiunea este dublă la adâncimea de:
a) 1 m;
b) 2 m;
c) 10 m;
d) 20 m;
e) 100 m.

4. Difuzia:
a) se produce numai în gaze;
b) se produce numai în lichide;
c) se produce numai în solide;
d) se produce numai dacă se intervine din exterior;
e) se produce fără intervenții din exterior.

5. Între căldura specifică **c** și capacitatea calorică **C** ale aceluiași corp există relația:
a) $c > C$;
b) $c < C$;
c) $c = C$;
d) $C = c$, dacă $m = 1$ kg;
e) $C = mc$.

6. Un calorimetru ($C = 80\frac{J}{K}$) conține 0,1 kg de apă ($c = 4200 \frac{J}{kg \cdot K}$) la temperatura $t = 33°C$.

A. Căldura cedată de sistem pentru a ajunge la temperatura de 0°C este:
a) 10 000 J;
b) 11 500 J;
c) 15 kJ;
d) 16,5 kJ;
e) 33 000 J.

B. Cantitatea de gheață ($\lambda_t = 330\frac{kJ}{kg}$) aflată la temperatura de topire care s-a introdus în calorimetru pentru a se obține în final apă la temperatura de 0°C este:
a) 50 g;
b) 100 g;
c) 0,2 kg;
d) 0,5 kg;
e) 1 kg.

7. Sarcina totală a nucleului de carbon (Z = 6) este:
a) $1{,}6 \cdot 10^{-19}$C;
b) $9{,}6 \cdot 10^{-19}$C;
c) $16 \cdot 10^{-19}$C;
d) $3{,}2 \cdot 10^{-19}$C;
e) $1{,}6 \cdot 10^{-13}$C.

8. Dintre patru sfere conductoare identice, una (A) este încărcată cu sarcina q, celelalte (B, C și D) fiind neutre. Pentru a obține pe sfera A o sarcină de $\frac{3}{16}q$, se pune în contact sfera A succesiv cu:
a) B, C și D;
b) B, C, D și din nou B;
c) B, C, D și din nou C;
d) B, C, D și din nou D;
e) B, D, C și din nou B.

Scanned with OKEN Scanner

Semestrul al II-lea

1. Curentul electric este:
   a) mişcarea sarcinilor electrice;
   b) mişcarea electronilor dintr-un conductor;
   c) mişcarea ionilor într-o soluţie;
   d) mişcarea dirijată a sarcinilor electrice;
   e) mişcarea dirijată a atomilor.

2. Ecuaţia unităţii de măsură pentru sarcină electrică este:
   a) $\langle Q \rangle = \text{Ah} = \text{C}$;
   b) $\langle Q \rangle = As = \text{C}$;
   c) $\langle Q \rangle = Vh = \text{C}$;
   d) $\langle Q \rangle = \frac{\text{V}}{\text{s}} = \text{C}$;
   e) $\langle Q \rangle = \frac{\text{A}}{\text{s}} = \text{C}$.

3. Relaţia de definiţie a tensiunii electrice este:
   a) $U = LQ$;
   b) $U = \frac{L}{Q}$;
   c) $U = \frac{Q}{L}$;
   d) $U = \frac{R}{I}$;
   e) $U = \frac{L}{I}$.

4. Puterea electrică pe o porţiune de circuit este:
   a) $P = \frac{U}{I}$;
   b) $P = UI$;
   c) $P = RI^2$;
   d) $P = \frac{U}{R^2}$;
   e) $P = IR^2$.

5. Două consumatoare au parametrii nominali: $U_1 = 2$ V şi $R_1 = 4\ \Omega$, respectiv $P_2 = 6$ W şi $I_2 = 1$ A.

   A. Intensitatea nominală I_1 şi tensiunea nominală U_2 au valorile:
   a) 0,5 A şi 3 V;
   b) 0,5 A şi 6 V;
   c) 1 A şi 3 V;
   d) 2 A şi 6 V;
   e) 8 A şi 6V.

   B. Dacă legăm în serie cele două consumatoare, tensiunea maximă ce poate fi aplicată astfel încât să nu existe riscul distrugerii uneia dintre ele este:
   a) 10 V;
   b) 8 V;
   c) 7,5 V;
   d) 5 V;
   e) 4 V.

   C. Energia electrică ce se consumă într-o oră de cele două consumatoare legate în serie, atunci când se aplică grupării tensiunea $U = 4$ V, este:
   a) 5,76 kJ;
   b) 5,76 kWh;
   c) 3,24 kJ;
   d) 3,24 kWh;
   e) 4 000 J.

6. Forţa electromagnetică acţionează asupra unui:
   a) magnet;
   b) conductor;
   c) conductor parcurs de curent electric;
   d) conductor parcurs de curent electric, aflat în apropierea unui magnet;
   e) conductor parcurs de curent electric, aflat în apropierea unui magnet şi având direcţia diferită de direcţia unui ac magnetic aflat în acel loc.

7. Forţele nucleare:
   a) sunt forţe de respingere dacă acţionează între nucleoni cu sarcini electrice de acelaşi semn;
   b) sunt forţe de atracţie numai când acţionează între nucleoni cu sarcini electrice de semne contrare;
   c) sunt întotdeauna forţe de atracţie;
   d) sunt întotdeauna forţe de respingere;
   e) acţionează la orice distanţă.

Scanned with OKEN Scanner

14. TABEL CU CONSTANTE

Substanţa	Densitatea la 20 °C $\left(10^3 \frac{kg}{m^3}\right)$	Căldura specifică la 20 °C $\left(\frac{J}{kg \cdot K}\right)$	Temperatura de topire (°C)	Căldura latentă specifică de topire $\left(\frac{kJ}{kg}\right)$	Temperatura de fierbere (°C)	Căldura latentă specifică de vaporizare $\left(\frac{kJ}{kg}\right)$
acetonă	0,791	2 180	-94,3	96	56,2	524
alcool etilic	0,79	2 430	-114	105	78,3	351
aluminiu	2,702	880	660,4	396,6	2 467	10 777
apă	0,998	4 185	0	334	100	2 260
argint	10,5	235	961,9	104,76	2 163	2 323
aur	19,32	128	1 064	62,75	2 857	1 647
cositor	7,31	228	232	60,65	2 603	2 446
cupru	8,96	385	1 083	206,8	2 567	4 729
fier	7,874	449	1 535	247,1	2 750	6 258
glicerină	1,26	2 400	–	176	290	272
mercur	13,55	139	-38,87	11,44	357	295,6
naftalină	1,14	1 300	80,3	151	218	316
nichel	8,9	444	1 453	293,1	2 732	6 432
platină	21,45	130	1 769	100,78	3 827	2 617
plumb	11,35	129	327,5	23,02	1 750	858,6
tungsten	19,34	130	3 422	192,5	5 552	4 482

Scanned with OKEN Scanner

CUPRINS

1.	**Mecanica fluidelor**	**3**
	1.1. Presiunea. Presiunea hidrostatică	4
	1.2. Principiul fundamental al hidrostaticii	8
	1.3. Presiunea atmosferică	12
	1.4. Legea lui Pascal. Aplicații	16
	1.5. Legea lui Arhimede. Aplicații	20
	1.6. Propagarea sunetului. Tuburi și coarde sonore	27
2.	**Căldura**	**33**
	2.1. Agitația termică	34
	2.2. Căldura	36
3.	**Schimbarea stării de agregare**	**47**
	3.1. Stări de agregare	48
	3.2. Călduri latente	50
	3.3. Topirea. Solidificarea	51
	3.4. Vaporizarea. Condensarea	53
4.	**Sarcina electrică**	**59**
	4.1. Metode de electrizare	60
	4.2. Atomul	64
	4.3. Explicarea electrizării	66
	4.4. Curentul electric	72
5.	**Rețele electrice**	**91**
	5.1. Tensiunea electromotoare	92
	5.2. Legea lui Ohm pentru întregul circuit	94
	5.3. Energia și puterea în circuitul simplu	96
	5.4. Teoremele lui Kirchhoff	100
	5.5. Gruparea rezistoarelor	106
6.	**Electromagnetismul**	**115**
	6.1. Forța electromagnetică	116
	6.2. Motorul electric	118
	6.3. Inducția electromagnetică	120
	6.4. Alternatorul	122
7.	**Instrumente optice**	**125**
	7.1. Aparatul fotografic	126
	7.2. Microscopul optic	134
8.	**Radiațiile și radioprotecția**	**139**
	8.1. Radiații X	140
	8.2. Radiații α, β și γ	142
	8.3. Efecte biologice și radioprotecție	148
9.	**Energetica nucleară**	**153**
	9.1. Centrale nucleare	154
	9.2. Armament nuclear	158
	9.3. Accidente nucleare	161
10.	**Teme de sinteză**	**164**
11.	**Dicționar**	**181**
12.	**Rezultate**	**185**
13.	**Teste de evaluare semestrială**	**189**
14.	**Tabel cu constante**	**191**

Scanned with OKEN Scanner

ISBN 973-20-0556-4

9 789732 005569

Editura Teora
MAN FIZICA CLS. 8, TALPALARIU
cod 0556
Lei 29.032
Lei 2,90 (RON)

Scanned with OKEN Scanner

Coarde sonore

- Coarde elastice solide care pot vibra cu o anumită frecvență, generând sunete
- ex: sunete emise de corzile vocale (coarde) și coarde ale instrumentelor muzicale
- frecvența sunetului emis de o coardă vocală este i.p. cu volumul coardei care vibrează.

V mare ⇒ frecvență joasă

Frecvența caracterizează viteza de oscilație (măsurată în Hz)

1Hz = 1 oscilație / 1 secundă

Om: 16Hz → 20000Hz.

Scanned with OKEN Scanner

Tuburi sonore

- Contin o coloană de aer care produce sunete
- frecventa sunetelor este **i.p.** cu volumul coloanei de aer care vibrează
- Sunetul (în general) este caracterizat de frecvență și intensitate sonoră.

$[\nu]_{SI} = Hz$

$[I]_{SI} = Bell$

Scanned with OKEN Scanner